UNIDAD DIDÁCTICA

ECLIPSES

Semana de la Ciencia y la Tecnología 2003

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

UNIDAD DIDÁCTICA

ECLIPSES

Semana de la Ciencia y la Tecnología 2003

Juan Carlos Casado
Miquel Serra-Ricart

Edita: FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología)
Adaptación de diseño y maquetación: Global Diseña
Diseño original: Gotzon Cañada
Impresión: Global Print
© Instituto de Astrofísica de Canarias
Déposito legal: M-40660-2004
ISBN: 84-688-3878-0 Reimpresión

INTRODUCCIÓN **4**
La luz 4
Sombras 5
Movimientos terrestres: rotación y traslación 6
Rotación 6
Traslación 6
La órbita lunar 7
El Sol 8

ECLIPSES **12**
¿Qué son? 12
Condiciones para que se produzcan eclipses 12
Cantidad de eclipses al año 14
Ciclos de eclipses 16
Canon de eclipses 19
Eclipses de Sol 20
Tipos 20
¿Cómo se ven? 23
Mapas de eclipses 30
¿Qué estudiar? 32
Eclipses de Luna 33
Tipos 34
¿Cómo se ven? 35
Mapas de eclipses 37
¿Qué estudiar? 38
Bibliografía e información en internet 39

ACTIVIDAD: ECLIPSE TOTAL DE LUNA **42**
Introducción 42
Datos generales 42
Observación del paso de la sombra terrestre por detalles superficiales lunares 44
Introducción 44
Objetivos 44
Instrumental y material necesario 45
Metodología de observación 46
Lista de cráteres con tiempos previstos 48
Envío y análisis de las observaciones 49
Software y recursos en Internet 50

APÉNDICE I **52**

APÉNDICE II **53**

INTRODUCCIÓN

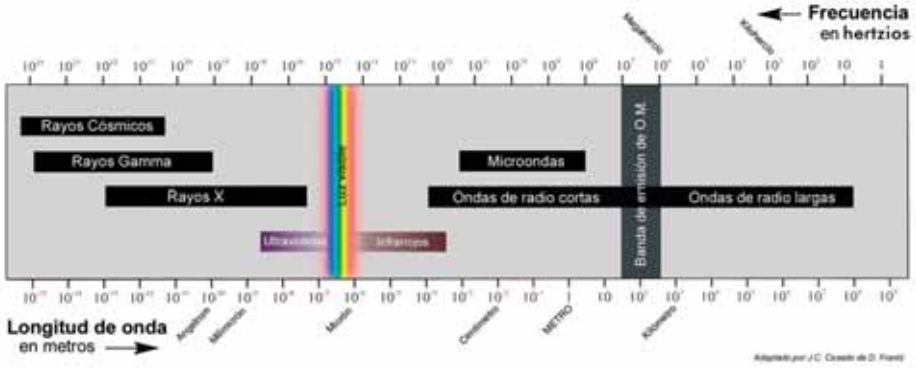
Para hablar sobre eclipses hay que hablar necesariamente de los protagonistas que se ponen en escena, esto es, la luz, las sombras y los cuerpos implicados: el Sol, la Luna, la Tierra y sus movimientos relativos.

En esta sección inicial presentaremos sumariamente estos cuerpos y diversos conceptos introduciendo nociones y términos que serán necesarios para una adecuada comprensión de los posteriores capítulos.

La luz

La luz es el elemento base de estos fenómenos, y aunque aquí sólo realizamos una pequeña aproximación, es importante su comprensión para contemplar globalmente el mecanismo de los eclipses y sus consecuencias.

La luz es una forma de energía electromagnética, representada por el espectro electromagnético. La luz visible se distingue porque su longitud de onda o color está comprendida entre los 4.000 y 7.000 Angstroms (Å) (figura1).



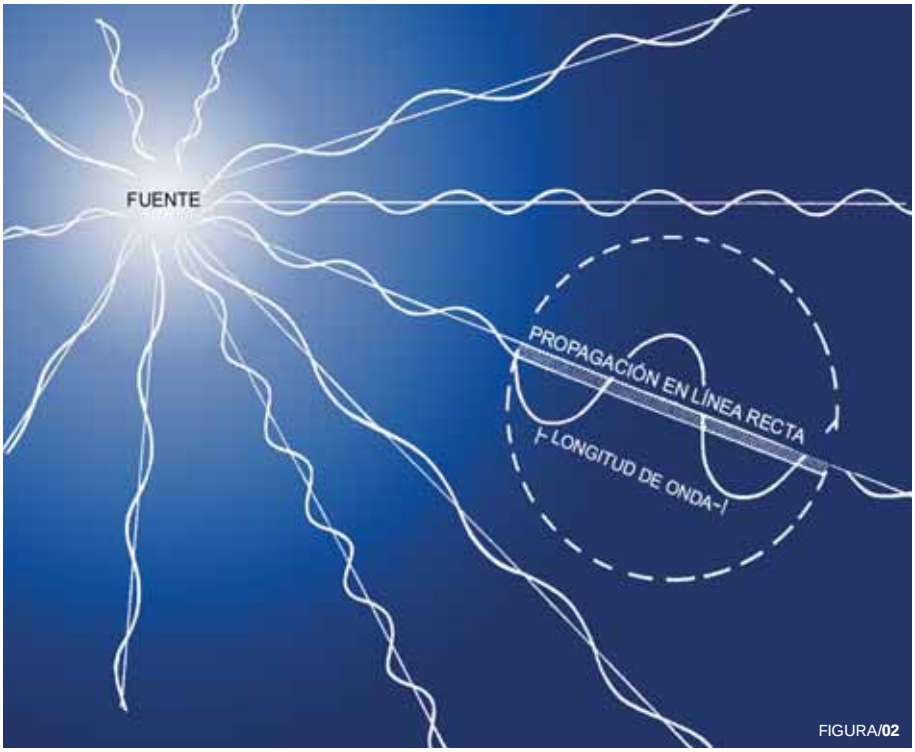
FIGURA/**01**

Todas estas formas de energía electromagnética presentan unas características comunes:

- Son emitidas a partir de una fuente energética o emisor: lámpara de filamento, antena, el Sol (figura 2).

- Se transmiten por el vacío (de forma aproximada el espacio) y pueden pasar a través de cualquier sustancia que sea «transparente».

FIGURA/01
La luz visible en el espectro electromagnético.



FIGURA/**02**

FIGURA/**03**

- Se desplazan a la misma velocidad en el vacío: cerca de 300.000 km/s. En otras materias «transparentes» (agua, vidrio), la velocidad disminuye.

- Son irradiadas en líneas o «rayos» rectos en el vacío.

Sombras

Cuando la luz ilumina un cuerpo opaco, el objeto produce una sombra con su misma forma, en virtud de su trayectoria rectilínea en medios de baja densidad. Esto lo podemos ver en escenas tan cotidianas como contemplar nuestra propia sombra (figura 3).

Una esfera, como un balón o la Luna, proyectarán un círculo o una elipse de sombra sea cual fuere la dirección en que reciban la luz.

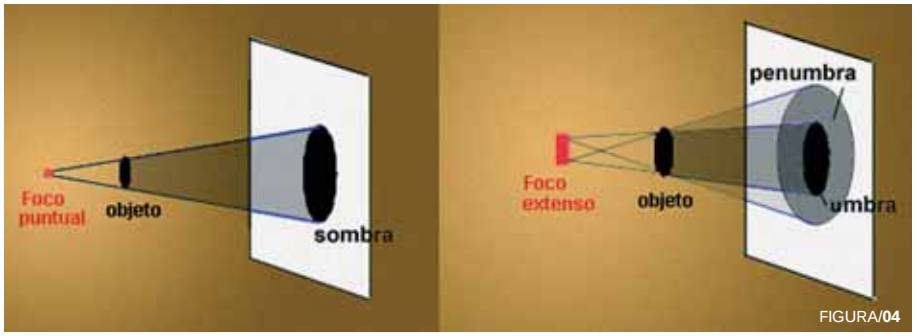
Si la fuente de luz o foco es pequeño o puntual (y esto depende de lo alejados que estén el foco del objeto), se producirá sólo sombra bien definida, que serán las regiones oscuras a las que no alcanza la luz.

FIGURA/02
Fuente de radiación electromagnética.

FIGURA/03
Proyección de sombras.

Un ejemplo de este tipo de foco son las estrellas.

Pero si el manantial luminoso es suficientemente amplio, entre el contorno oscuridad-luz, aparece una franja de transición en semisombra o «penumbra», que es alcanzada solamente por una parte del foco luminoso. El Sol constituye un ejemplo de fuente luminosa relativamente amplia, al presentar un tamaño apreciable visto desde la tierra (figura 4).



FIGURA/**04**

Movimientos terrestres: rotación y traslación

Los dos movimientos básicos de la Tierra, la rotación y la traslación, presentan importantes efectos en el mecanismo de los eclipses.

Rotación

Es el movimiento causante de la sucesión de días y noches. La Tierra gira en sentido oeste-este alrededor de un eje imaginario que determinan los polos norte y sur geográficos. Este movimiento produce la impresión de que el cielo gira, de manera que para apreciarlo sólo basta comprobar el desplazamiento del Sol y la Luna por el firmamento.

Traslación

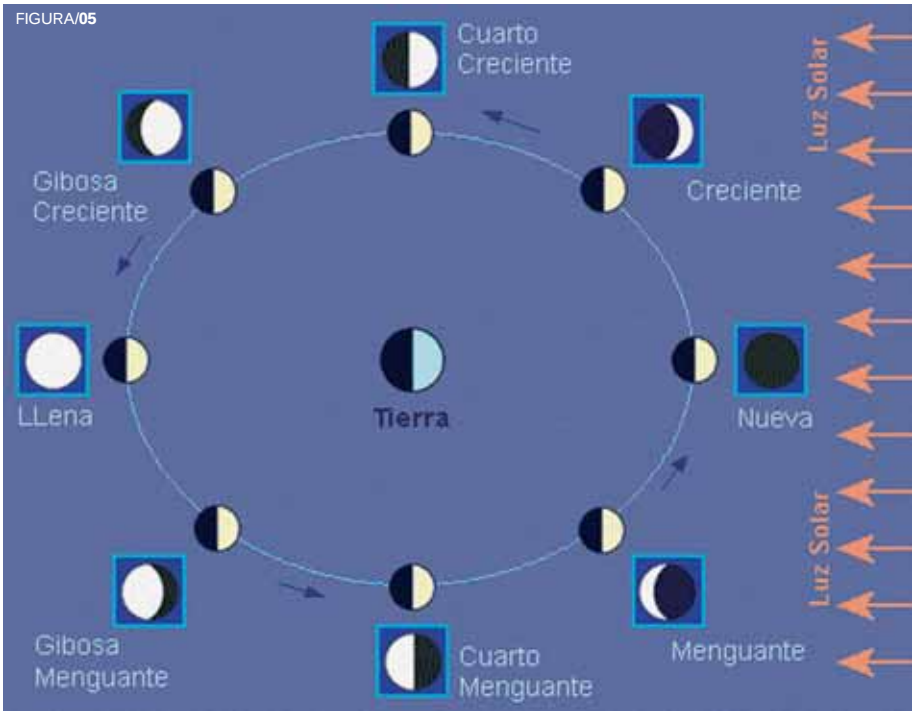
Es el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, impulsada por la gravitación. Nuestro planeta tarda 365 días y cuarto en completar un revolución en torno al Sol, a una distancia media del astro rey de 150 millones de kilómetros.

FIGURA/04
Fuente de luz puntual y extensa.

La órbita de la Tierra alrededor del Sol es elíptica, por lo que la distancia entre la Tierra y el Sol varía durante el transcurso del año. El paso por el punto más cercano a nuestra estrella o **perihelio** se produce a comienzos de enero, siendo a principios de julio cuando atraviesa el **afelio** o máxima distancia.

La órbita que describe la Tierra en torno al Sol determina un plano, llamado **eclíptica**, que es fundamental en los eclipses. Precisamente «eclíptica» es la raíz de la palabra «eclipse», el cual proviene del término griego clásico «ekleipsis», que significa «fracaso».

La órbita lunar



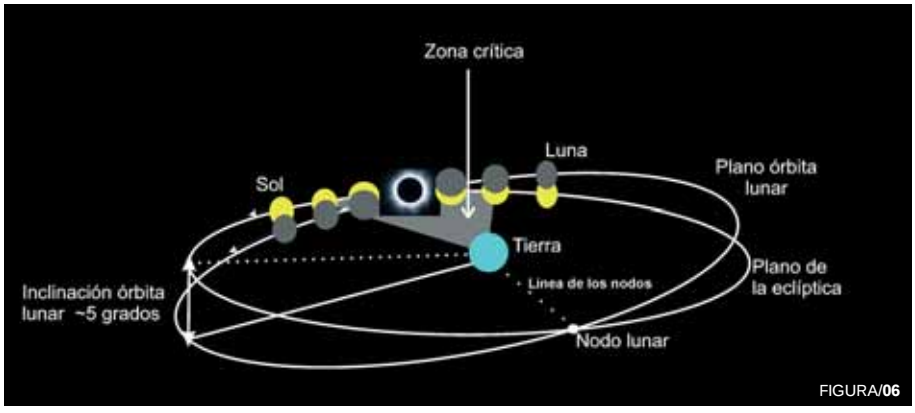
Al igual que la Tierra gira alrededor del Sol, la luna lo hace en torno a la Tierra en 29,53 días o un **mes lunar**. Durante este periodo de tiempo, nuestro satélite nos muestra diferentes ángulos de iluminación en su superficie o **fases**, que corresponden a la posición relativa orbital que ocupa con respecto al Sol y a nuestro planeta. A las posiciones de Luna Nueva y Luna Llena se les denomina **sicigias** (figura 5).

FIGURA/05
Fases lunares. En los recuadros se muestra el aspecto desde la Tierra.

La órbita lunar también es elíptica. Este hecho es de suma importancia para los eclipses, pues como veremos, produce diferentes tipos de eclipses solares. Al punto más cercano a la Tierra se le denomina **perigeo**, mientras que el **apogeo** es la posición más alejada. La distancia media a nuestro satélite es de 384.392 km, mientras que en el perigeo es de 356.410 km y en el apogeo alcanza 406.679 km.

Otro aspecto de suma importancia para los eclipses es que el plano de la órbita lunar está inclinado con respecto al plano de la eclíptica aproximadamente unos 5º. Si la órbita lunar fuera coplanaria con la de la eclíptica, cada mes lunar tendrían lugar dos eclipses, uno de Sol y otro de Luna.

La órbita lunar y la eclíptica interseccionan en dos puntos llamados **nodos**, que tienen la particularidad de no ser fijos. El nodo ascendente es aquél en el cual la Luna pasa por la eclíptica del sur al norte y en el caso opuesto se tiene el nodo descendente. La línea que une ambos nodos se denomina **línea de los nodos** (figura 6).



FIGURA/**06**

El Sol

Nuestra estrella diurna es una más entre los 200.000 millones de estrellas de la Vía Láctea, pero para nosotros es diferente porque es la más cercana, ya que sólo se halla a una distancia media de 150 millones de kilómetros de la Tierra, como hemos mencionado anteriormente. La proximidad del Sol le convierte en el astro más brillante del firmamento, con una **magnitud visual** de -26,8; la Luna Llena tiene magnitud -12,5, es decir, medio millón de veces más débil; Júpiter -2,5 y la estrella más brillante del cielo, Sirio, -1,4 o 14.000 millones de veces más tenue que nuestra estrella.

FIGURA/06
Eclíptica y órbita lunar. La «zona crítica» indica la franja donde es posible que se produzcan los eclipses. (Gráfico M. Serra-Ricart / Shelios).

Su diámetro es de 1.392.000 km el de la Tierra, de 12.756 km en el ecuador-, conteniendo el 99,8% de toda la masa del Sistema Solar. La temperatura en la esfera visible, denominada **fotosfera**, es de alrededor de 5.000º C, pero en el **núcleo** alcanza 15 millones de grados. Su edad se estima entre unos 4.500 y 5.000 millones de años. Atraviesa la etapa intermedia de su vida en la llamada **Secuencia Principal**, una situación estable gracias al equilibrio entre las reacciones termonucleares que ocurren en el interior de las estrellas, que sirven para transformar hidrógeno en helio, y la gravedad, que tiende a aplastarlas. Se espera que el Sol continúe así otros 5.000 millones de años más.

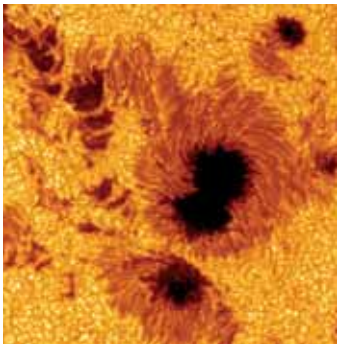
Si miramos al Sol a simple vista (a baja altura sobre el horizonte o mediante un filtro adecuado), veremos un disco luminoso y definido, pero nada más que llame nuestra atención.

Sin embargo, un estudio más profundo del Sol revela multitud de fenómenos y de aspectos que lo convierten en un astro merecedor de toda dedicación. No en vano hay en el mundo observatorios altamente especializados en el estudio de la heliofísica o física solar, rama de la astrofísica que trata únicamente del Sol.

El Sol, como todas las estrellas, es un astro en continua actividad. No hay dos días iguales. En consecuencia, su observación y estudio presenta el aliciente de la constante mutabilidad y de las frecuentes sorpresas.

En el centro del Sol o **núcleo** en cada segundo, 564 millones de toneladas de hidrógeno se fusionan, termonuclearmente, en 560 millones de toneladas de helio. Los núcleos de hidrógeno (protones) se convierten en núcleos de helio a razón de cuatro a uno; sin embargo, hay una diferencia de masas que se libera en forma de energía, dado que los cuatro protones son ligeramente más pesados que el núcleo de helio formado. Esta diferencia se debe a los cuatro millones de toneladas por segundo que resultan sobrantes al transformarse el hidrógeno en helio.

A partir de ahí se produce un transporte de energía del núcleo solar a la superficie, en primer lugar, mediante radiación y en capas más superficiales a través de corrientes convectivas. El resultado de estas corrientes convectivas se puede ver en forma de granulación. Toda la fotosfera está surcada de una trama celular parecida, por su geometría, a granos de arroz.

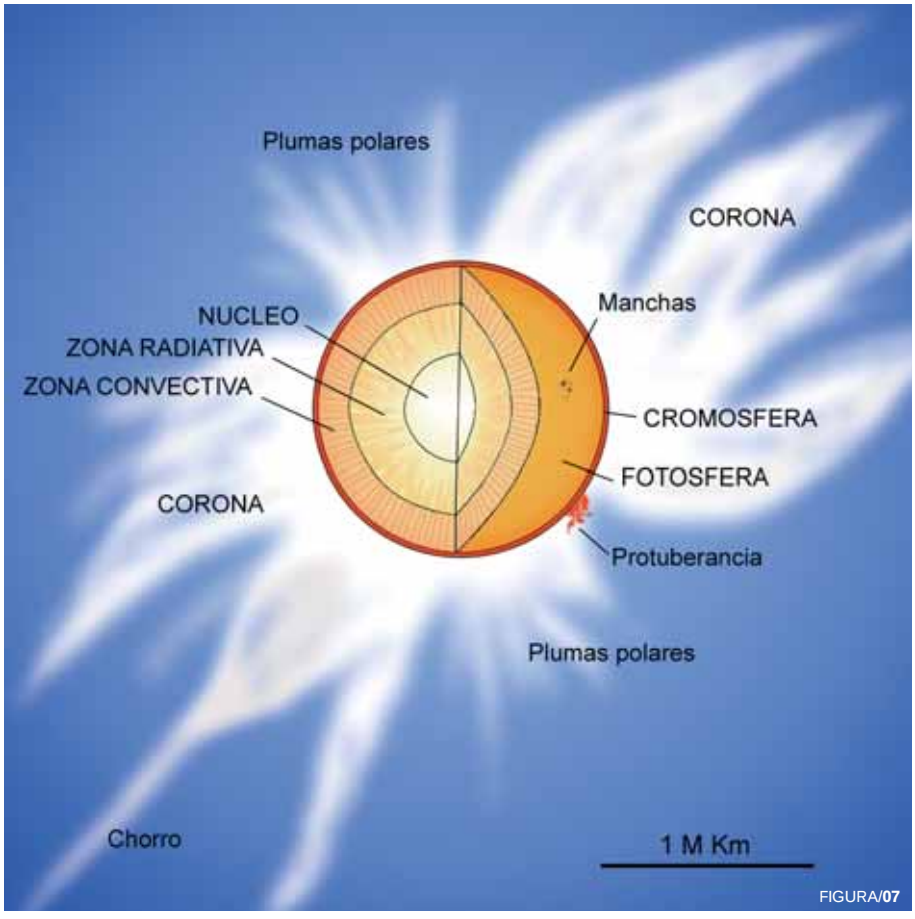


FIGURA/06a
Mancha solar obtenida con el Telescopio Solar Sueco en el Observatorio del Roque de los Muchachos - Garafía - La Palma.

Estas células son la parte superior de cada una de las columnas de corrientes ascendentes -calientes- y descendentes -más frías- del transporte energético. Las dimensiones de esta granulación son considerables: cada «grano» mide unos 800 km de diámetro.

En torno a la fotosfera hay una «atmósfera» rojiza de unos 10.000 km de grosor, denominada **cromosfera**, en la que se proyectan gases a muy altas temperaturas y de la que sobresalen las **protuberancias**, especie de llamaradas que son lanzadas al espacio a enormes velocidades y que pueden alcanzar varios cientos de miles de kilómetros de altitud.

Tanto la cromosfera como las protuberancias pueden verse directamente en los momentos de la totalidad de un eclipse de Sol. En condiciones normales es necesario el uso de dispositivos o filtrajes especiales para su observación.



FIGURA/07
Capas del Sol. (Gráfico J.C.Casado)

Por encima de la cromosfera está la **corona** (figura 7), una especie de aureola de forma irregular y plateada. Está compuesta por gases a una temperatura de más de un millón de grados pero de densidad muy baja, de modo que generan poca luz y calor. Sus límites son imprecisos, hasta el punto de que puede considerarse que la Tierra se halla inmersa en sus regiones más externas donde, además de los gases, figuran abundantes partículas de polvo. La corona solar resulta visible a simple vista durante la fase total de un eclipse solar total.

ECLIPSES

¿Qué son?

El término eclipse se aplica indistintamente a dos fenómenos, en realidad muy diversos, provocados por las posiciones relativas del Sol, emisor luminoso, de la Tierra y de la Luna, cuerpos opacos que interceptan la luz solar.

Un eclipse de Sol se produce cuando el astro rey es ocultado por el globo de la Luna, que se interpone entre la Tierra y el Sol. Por lo tanto, un eclipse de Sol tiene lugar siempre en fase de Luna Nueva, siendo ésta una condición necesaria pero no suficiente para que se produzca el fenómeno.

El eclipse de Luna es determinado por el paso de nuestro satélite por la sombra de la Tierra. Como la Luna se halla en una posición opuesta a la del Sol, los eclipses lunares siempre suceden en fase de Luna Llena, siendo al igual que en los eclipses solares, condición necesaria pero no suficiente.

Condiciones para que se produzcan eclipses

El hecho de que los eclipses sólo ocurran en las sicigias (Luna Nueva o Luna Llena) impone una condición. Ya sabemos que las órbitas de la Tierra y de la Luna no son coplanarias, de manera que en la mayoría de las ocasiones nuestro satélite se encuentra por encima o por debajo del plano de la eclíptica. Para que se produzca un eclipse, la Luna tiene que hallarse en el plano de la eclíptica (o muy cerca), en fase de Luna Nueva (eclipse de Sol) o de Luna Llena (eclipse de Luna). Dicho de otro modo, en las sicigias la línea de los nodos del sistema Tierra-Luna debe apuntar (casi) al Sol.

Realmente para que un eclipse se origine no es imprescindible que la Luna se sitúe exactamente en el nodo, sino que basta con que se encuentre en las proximidades del mismo (véase la figura 6); vamos a ver estos límites.

En los eclipses de Sol, al menos la penumbra lunar debe alcanzar la Tierra, produciendo un eclipse parcial de Sol visible desde algún lugar de nuestro planeta. Para ello, la Luna debe situarse en un punto que se encuentre, como máximo, a una latitud o distancia perpendicular a la

eclíptica de 1º 35', por encima o por debajo. Para que la umbra lunar se proyecte contra la Tierra, el valor extremo es 1º 03'. Evidentemente, la amplitud de estos límites para un eclipse dado varía con las distancias de la Tierra a la Luna y al Sol.

Puesto que la Luna se mueve en una órbita, estos límites en latitud imponen que la Luna se sitúe como máximo a una longitud o distancia al nodo medida a lo largo de la eclíptica de 18º 31' para un eclipse parcial y de 11º 50' para que la sombra lunar alcance la Tierra.

En el caso de los eclipses de Luna, para que la Luna pueda ser alcanzada por la sombra de la Tierra es necesario que la latitud no supere 1º 25'. Si es inferior a 24', se producirá un eclipse total de Luna. La longitud al nodo, como máximo, será 12o 15' para eclipses penumbrales y para totales 9º 30'.

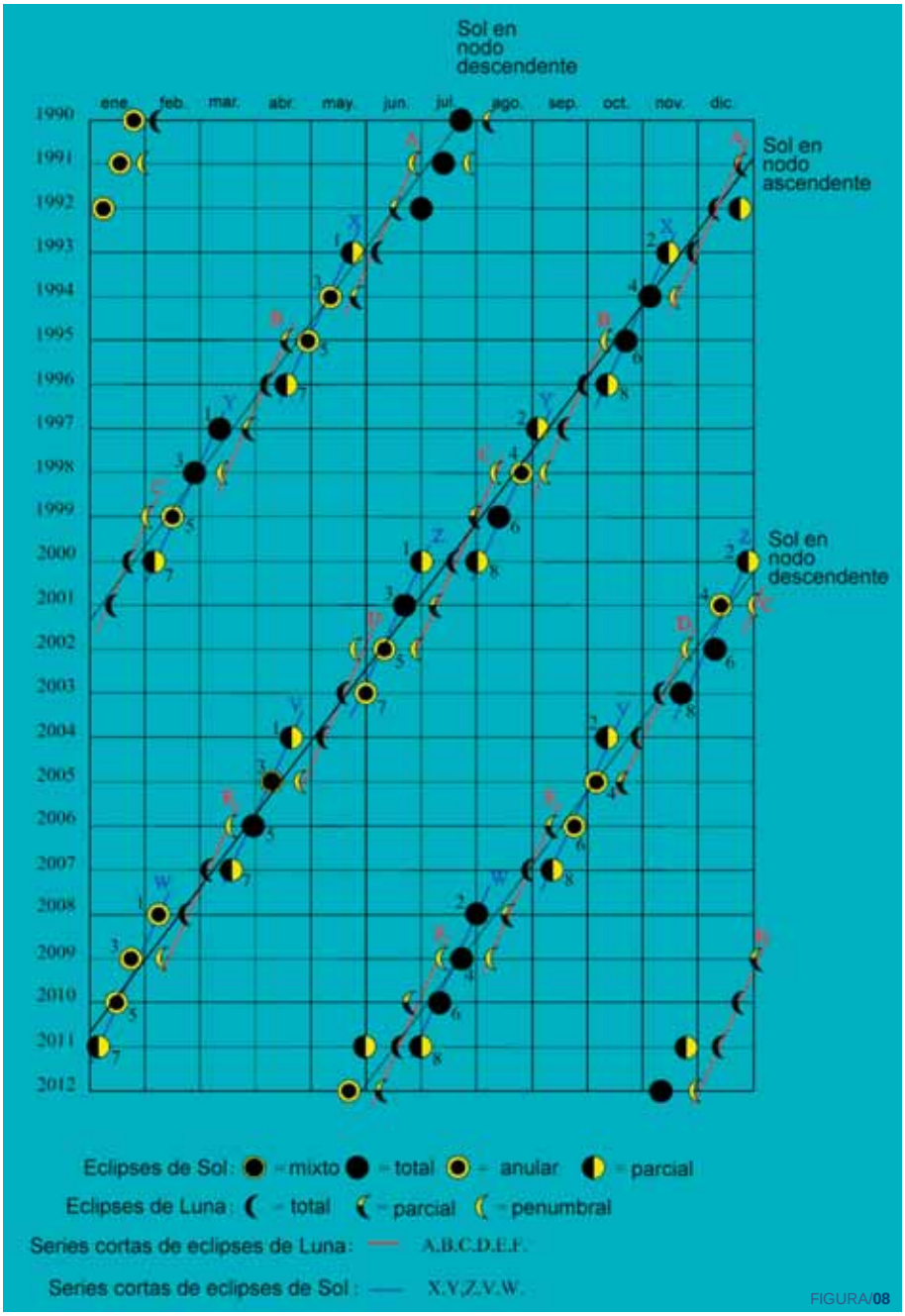
Por lo tanto, en estas circunstancias de cercanía al nodo, se abre una «ventana» durante 35,66 días en los que se darán condiciones de eclipse. Estas configuraciones tienen lugar dos o tres veces al año -cada 173,31 días- en las llamadas **estaciones de eclipses**. El **año de eclipses** (346,62 días) es el tiempo empleado para que se repita una alineación del Sol con la Luna en el mismo nodo y la Tierra, es decir, contiene exactamente dos estaciones de eclipses. El año de eclipses es unos 19 días más corto que el año civil.

Como hemos visto, la línea de los nodos no tiene una orientación estacionaria, sino que posee un giro de unos 20º por año, completando una vuelta en 18,61 años en sentido **retrógrado**. Esto hace que las fechas en las que suceden los eclipses vayan cambiando. Así, por ejemplo, los eclipses de 2001 figuran en los meses de enero-febrero, junio-julio y diciembre; los eclipses de 2003, en mayo y noviembre, y los de 2006 en marzo y septiembre.

El movimiento de los nodos hace que los eclipses sucedan a lo largo de toda la eclíptica, sirviendo de escenario todas las **constelaciones zodiacales.**

Cantidad de eclipses al año

La cantidad mínima es cuatro (incluidos los eclipses de Luna por la penumbra), dos eclipses de Sol y dos eclipses de Luna. Por ejemplo en 1999, 2003, 2005, etc. (figura 8).



FIGURA/08
Eclipses de Sol y de Luna entre 1990 y 2012. (Gráfico I.M.C.C.E, adaptado por J.C. Casado).

Esta cantidad puede bajar a dos en los calendarios corrientes, que no suelen contemplar los eclipses lunares penumbrales. En este caso, los dos eclipses serían importantes eclipses de Sol, totales o anulares, uno en cada estación de eclipses.

A menudo sucede que, cuando una estación de eclipses comienza por un importante eclipse solar, le sucede un eclipse lunar débil.

Un año civil puede incluir un mínimo de tres estaciones de eclipses, aunque generalmente sólo una será completa. Cada cierto número de años, en un año civil pueden tener lugar dos estaciones de eclipses completas. Los 19 días restantes podrían estar repartidos en dos estaciones de eclipses diferentes aunque no completas. En este caso, se darían cuatro estaciones de eclipses en un mismo año.

Puede ocurrir que las dos estaciones de eclipses en un año contengan cada una tres eclipses. Pero también, al ser más corto el año de eclipses que el año civil, puede tener lugar una tercera estación de eclipses, como ocurrió en 2000 y 2001, y sucederá en 2009, 2010 y 2011, aunque las estaciones de eclipses no son completas y como máximo encontramos en estos casos seis eclipses. También es muy común que cuando en uno de los nodos ocurre un eclipse (de Sol o de Luna), en el siguiente nodo tenga lugar el eclipse opuesto (de Luna o de Sol). Este es el intervalo mínimo entre dos eclipses sucesivos y corresponde a medio mes draconítico o de 13,6 días.

La cantidad máxima de eclipses en un año civil puede llegar a siete. Ésta ya es una circunstancia muy rara. Y sólo puede ocurrir en estas combinaciones:

- 5 eclipses de Sol y 2 eclipses de Luna
- 5 eclipses de Luna y 2 eclipses de Sol
- 4 eclipses de Sol y 3 eclipses de Luna
- 4 eclipses de Luna y 3 eclipses de Sol

En cualquier caso, los eclipses solares serán parciales, poco importantes. El año más cercano con 7 eclipses fue 1982, aún más remarcable por el hecho de que los tres eclipses lunares fueron totales. Esta situación no volverá a repetirse hasta el año 2485.

Ciclos de eclipses

Las estaciones de eclipses se repiten año tras año, pero la época de cada eclipse en sucesivas estaciones no sigue una pauta regular. Hay varias definiciones de mes lunar teniendo en cuenta diferentes puntos de paso de la Luna. Aquí nos interesan el denominado **sinódico**, desde Luna Nueva a Luna Nueva que contiene 29,53 días, y el **draconítico**, que es el tiempo transcurrido entre dos pasos sucesivos por el nodo ascendente de la órbita lunar y dura 27,21 días. Un año de eclipses (346,62 días) no contiene un número entero de meses sinódicos (entre once y doce) ni draconíticos (entre doce y trece). Si se busca un periodo más largo, que sea aproximadamente múltiplo exacto de los tres ciclos, es decir, lo que en matemáticas se conoce por mínimo común múltiplo, dispondremos de un nuevo ciclo capaz de proporcionarnos predicciones de eclipses.

Éste es el llamado **ciclo de Saros**, al parecer conocido por los astrónomos caldeos en la antigüedad. El ciclo de Saros comprende exactamente 223 meses sinódicos. Este periodo es de 18 años y 11 días (18 años y 10 días si se incluye el 29 de febrero) y prácticamente coincide con 19 años de eclipses y con 242 meses draconíticos. Es decir, que:

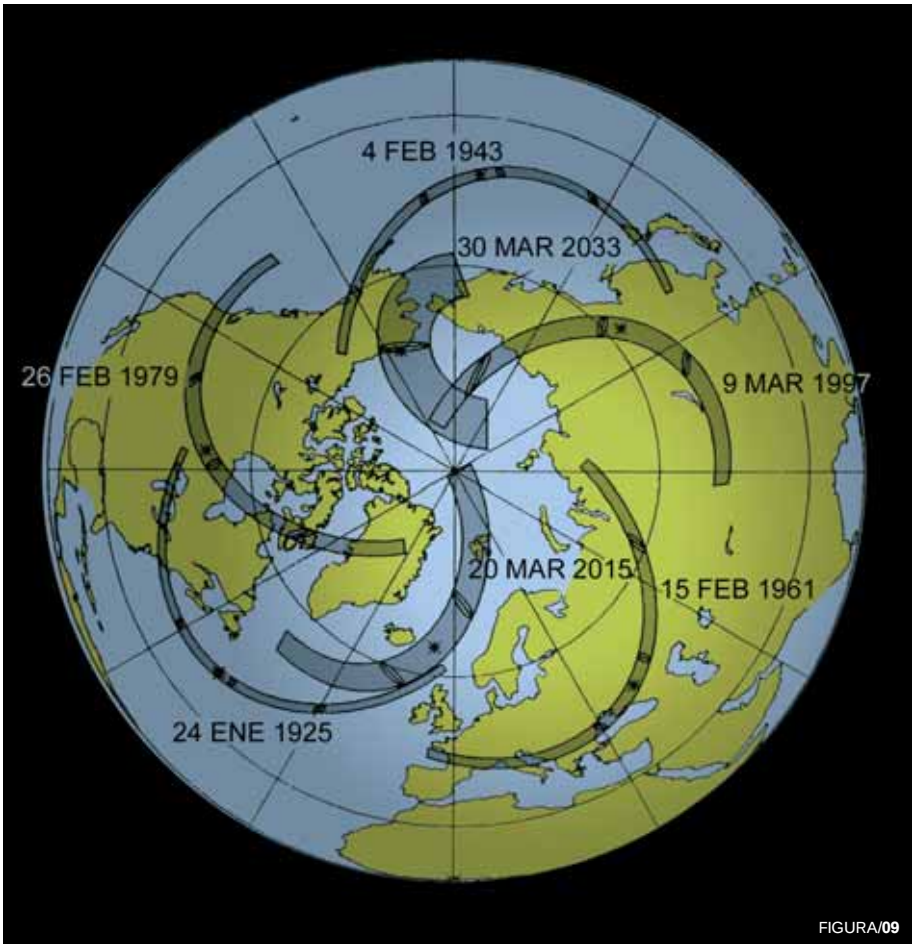
223 meses sinódicos (29,5306 días c/u) = 6.585,32 días
19 años de eclipses (346,6200 días c/u) = 6.585,78 días
242 meses draconíticos (27,2122 c/u) = 6.585,35 días

Esta resonancia entre los tres ciclos produce una repetición de eclipses en poco tiempo, hablando en términos astronómicos.

El ciclo de Saros presenta una fracción de día (de casi un tercio) incluida en su periodo (6.585,32 días). Cuando el ciclo se repite, la Tierra ha rotado hasta una posición correspondiente a esta porción del día. Por tanto, el eclipse se verá en una zona de la Tierra al oeste del precedente, distante un tercio del perímetro del globo terrestre. Después de tres ciclos Saros, se acumula casi un día completo, y un eclipse solar acontece en una zona próxima en longitud terrestre a la que tuvo lugar 54 años antes. Sin embargo, el eclipse habrá experimentado una ligera deriva en latitud hacia uno de los polos.

Cada eclipse de una misma «familia» o **serie de Saros** sigue el mismo sentido de deriva hacia el polo en cuestión (norte o sur). Para ilustrarlo, podemos ver la figura 9, donde se muestran los eclipses totales de Sol de

1925, 1943, 1961,1997, 2015 y 2033, todos miembros de la misma serie de Saros 120. La serie comenzó con un eclipse parcial en el polo sur en el año 915 de nuestra era, para ir trasladándose gradualmente en cada evento hacia al norte, como se puede ver en la misma figura, ocupando los más antiguos latitudes menores. Este desplazamiento en latitud ocurre porque la Luna Nueva en cada Saros sucesivo se mueve un poco respecto del nodo. El medio día de diferencia entre 19 años de eclipses y el Saros (6.585,78-6.585,32 = 0,46 días) ocasiona este cambio. En el ejemplo de la figura 9, la serie de Saros finalizará con un eclipse parcial en el polo norte en el año 2195.



FIGURA/**09**

El ciclo de Saros opera análogamente para los eclipses lunares. En cada eclipse lunar la posición de nuestro satélite se desplaza con respecto al anterior hacia el norte o el sur con relación al centro de la sombra terrestre.

FIGURA/09
Bandas de totalidad de eclipses de Sol de la misma serie de Saros 120. (F. Espenak, NASA RP 1178, adaptado por J.C. Casado).

El ciclo de Saros actúa análogamente para los eclipses lunares. En cada eclipse lunar la posición de nuestro satélite se desplaza con respecto al anterior hacia el norte o el sur en relación con el centro de la sombra terrestre.

Una serie de Saros se desarrolla durante más de 1.200 años, produciendo unos 80 eclipses de Sol y otros tantos de Luna de todos los tipos.

En el interior de un Saros se pueden observar **series cortas** de eclipses de Sol y de Luna. Comprenden ocho o nueve eclipses consecutivos, repartidos en ocho estaciones de eclipses. El tipo de estos eclipses aumenta en importancia hasta el cuarto o quinto de la serie, para luego disminuir.

Asimismo se pueden constatar **series largas** de eclipses estudiando, no la evolución de los eclipses en un mismo Saros, sino la evolución de **eclipses homólogos** de uno a otro Saros, es decir, los que tienen lugar en una misma lunación (numerada de 1 a n en Saros sucesivos). Se observa que en un periodo de 72 Saros (alrededor de 1.300 años), un eclipse de Sol evoluciona de la manera siguiente: una docena de eclipses parciales de importancia creciente, después 48 eclipses totales o anulares, seguidos de 12 eclipses parciales de importancia decreciente.

La numeración de las series largas o series de Saros, fue establecida por el astrónomo holandés G. Van den Bergh en 1955 a partir de 8.000 eclipses del **canon** de Oppolzer.

La figura 8, ya mencionada anteriormente, representa eclipses durante 23 años, de 1990 a 2012. Se puede observar, por ejemplo, un Saros que va desde junio de 1993 a junio de 2011. Este Saros contiene 81 eclipses, 40 de Sol y 41 de Luna. De los 40 eclipses de Sol, 15 son parciales y 25 centrales (12 anulares, 12 totales y uno mixto).

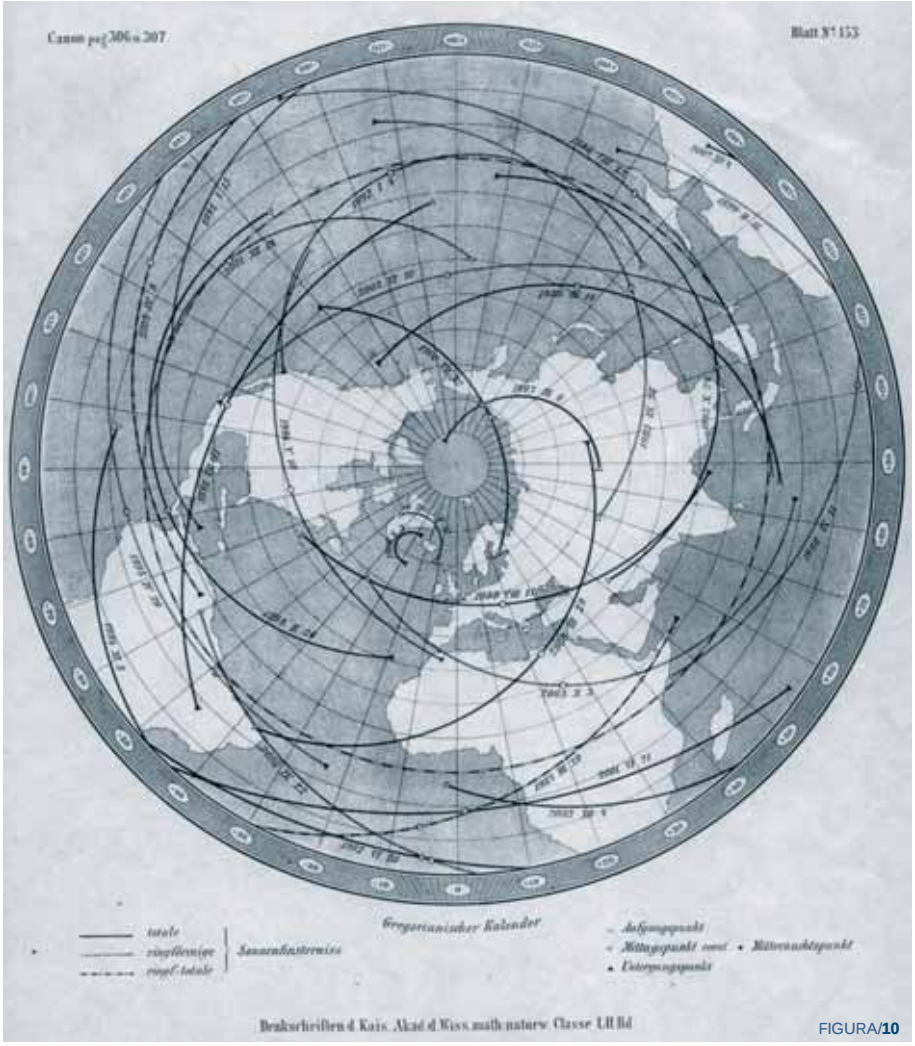
Esta figura muestra numerosas propiedades vistas sobre los eclipses:

- El número mínimo de eclipses al año.
- Cuando hay tres eclipses, el eclipse central es máximo (muy importante) y los eclipses del extremo son débiles.
- Los cuatro eclipses del año 2011 son homólogos de los eclipses de 1993 y los cuatro eclipses de 2012 son homólogos de los de 1994.

Canon de eclipses

Las listas de eclipses de Luna y de Sol se publican en obras llamadas **canon de eclipses**.

El más conocido es el de Theodor Ritter von Oppolzer. Su primera edición, el «Canon der Finsternisse» («Canon de eclipses», en alemán) fue publicado en 1887 en el volumen 52 de las Memorias de Matemáticas y Ciencias Naturales de la Academia Imperial de Viena. Esta obra monumental, corregida, fue reeditada por la editorial americana Dover, aunque actualmente está totalmente agotada. En el canon se encuentran 8.000 eclipses de Sol entre -1207 y 2161 y 5.200 eclipses de Luna entre -1206 y 2132. El canon



FIGURA/**10**

FIGURA/10
Un mapa del Canon de Oppolzer, que muestra la línea central de los eclipses solares entre el 19 de mayo de 1985 y el 7 de febrero de 2008. Los eclipses totales aparecen como líneas continuas y los anulares, como líneas de trazos. Nótese que algunas líneas de centralidad pueden mostrar discrepancias con mapas modernos. Esto es debido a que el trazado de dichas líneas se realizó calculando solo tres puntos que se unieron con un arco circular. Para un cálculo exacto el propio Oppolzer recomendó utilizar las tablas numéricas del Canon.

contiene las cantidades geométricas y trigonométricas necesarias, los denominados **elementos del eclipse**, para calcular todas las circunstancias de cada eclipse en cada lugar de la Tierra. Además también figuran mapas de eclipses solares (figura 10). Este canon, sin embargo, no contempla los eclipses penumbrales de Luna -poco importantes- y adolece de ciertos errores en eclipses de la antigüedad, debido a que en la época en que fue redactado no era bien conocida la dinámica del sistema Tierra-Luna.

Más recientemente Jean Meeus y Hermann Mucke (1979 y 1983, Astronomisches Büro, Viena), han publicado un canon de eclipses de Sol utilizando ordenadores, que contiene todos los eclipses entre -2003 y +2526 y otro canon de eclipses lunares entre -2002 y +2526.

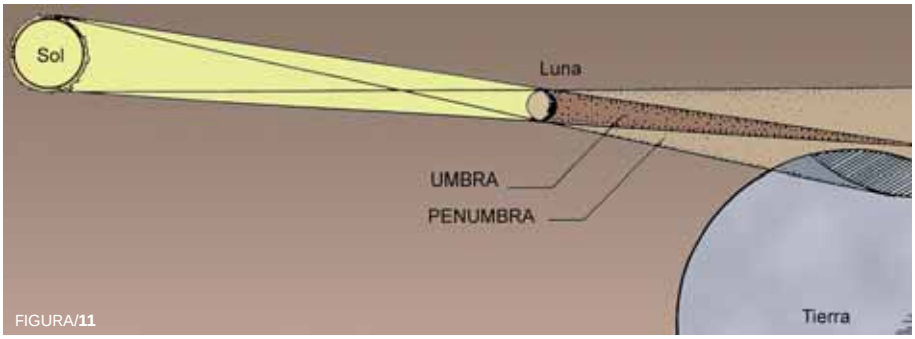
Los últimos cánones aparecidos se deben al astrofísico de la NASA Fred Espenak, y tratan todos los eclipses solares y lunares desde el año 1901 al 2100, concediendo especial relevancia, con mapas y datos detallados, a los eclipses comprendidos entre 1986 y 2035. Estos cánones están disponibles en su sitio web (véase bibliografía e información), así como varios catálogos de eclipses, destacando los de eclipses solares de -1999 a +4000 y de eclipses lunares de -1999 a +3000.

Eclipses de Sol

Como hemos visto, durante el eclipse solar la Luna proyecta una sombra sobre la superficie terrestre. Esta sombra está compuesta de dos zonas diferenciadas: la penumbra o sombra exterior y la umbra o sombra interior. Desde la penumbra sólo se oculta una fracción del disco solar: el evento es parcial. La umbra, en cambio, es una sombra absoluta, puesto que desde ella se tapa plenamente el Sol, es decir, el eclipse es total. Además la sombra, al estar producida por la iluminación de una fuente luminosa de ciertas dimensiones (el Sol) sobre una esfera (la Luna), presenta la geometría de un cono.

Tipos

Parciales: En este tipo de eclipse la umbra no llega a tocar ningún lugar de la superficie terrestre. Estos eclipses se producen siempre en altas latitudes (norte o sur) y corresponden a los primeros o últimos eventos de un ciclo de Saros (figura 11).



FIGURA/**11**

No centrales: La umbra alcanza la Tierra, dando lugar a un eclipse solar que puede ser, como veremos, **anular, total** o **mixto**, pero el eje del cono umbral no toca la Tierra, perdiéndose en el espacio. Este tipo de eclipses afecta siempre a regiones polares. Obviamente un eclipse parcial es, asimismo, no central, pero la expresión se reserva para los eclipses totales y anulares.

Centrales: El eje del cono de umbra lunar intersecciona con la Tierra. En ocasiones excepcionales puede ocurrir que el eclipse sea central, pero que no tenga límite norte o sur, debido a que la umbra se proyecta sobre zonas polares, junto al limbo terrestre.

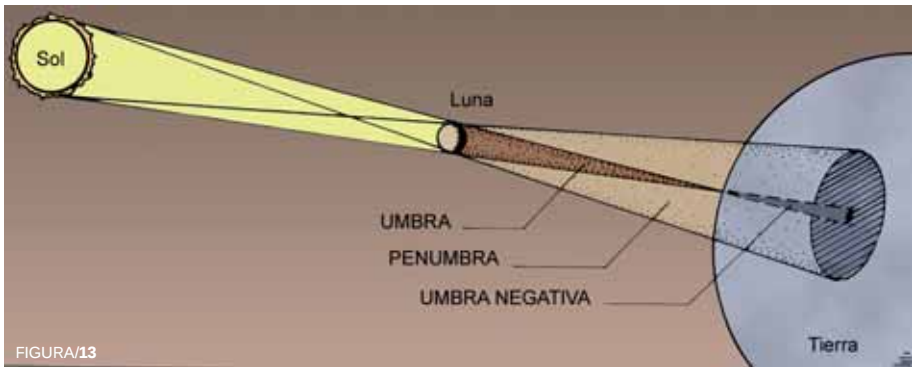
Las condiciones de los eclipses centrales se complican por el hecho de que la eclíptica, como hemos visto, es una elipse. Como resultado, el diámetro aparente solar varía desde 31' 28" en el afelio a 32' 32" en el perihelio. Esta variación del 3% es inobservable a simple vista, pero tiene consecuencias para los eclipses. Más influyente aún es el hecho de que la órbita lunar en torno a la Tierra también sea elíptica. La variación del apogeo al perigeo alcanza el 12%, causando una oscilación en el diámetro lunar aparente desde 29' 24" a 33' 32". Como se desprende de estas consideraciones, las alteraciones en los diámetros aparentes del Sol y la Luna son los causantes del tipo de los eclipses centrales: **anulares, totales** o **mixtos**.

Cuando la Luna se halla en el perigeo y la Tierra en el afelio, la umbra se extiende 23.500 km más allá del centro de la Tierra. En este caso, el diámetro aparente lunar es un 7% ó 2' mayor que el solar. Por el contrario, si la Luna se sitúa en el apogeo y la Tierra en el perihelio, la umbra se queda a 39.400 km del geocentro, siendo el diámetro aparente lunar un 10% ó 3' menor que el solar. Estas distancias representan los límites extremos de ambas situaciones (figura 12).

FIGURA/11
Esquema de un eclipse parcial de Sol (gráfico basado en el libro «Eclipse», de B. Brewer»).

FIGURA/**12**

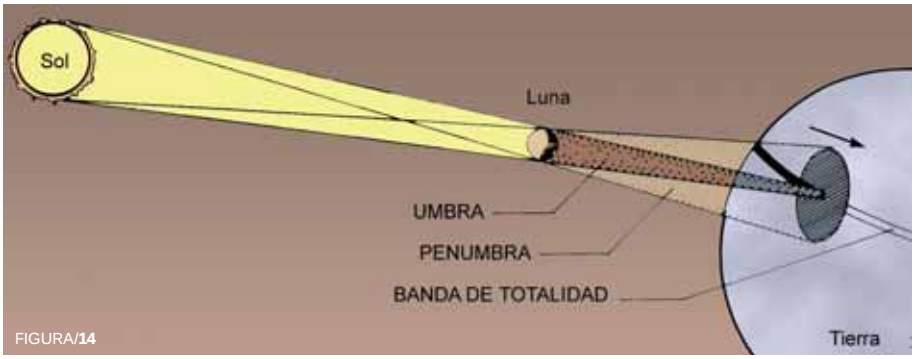
En el primer caso que acabamos de ver anteriormente, es decir, la Luna está en el perigeo y la Tierra en el afelio, la umbra intersecciona con la Tierra, originando un eclipse **total** de Sol. Los conos de sombra proyectados por la Luna (umbra y penumbra) producen, a causa de los movimientos de traslación lunar y la rotación de nuestra planeta, un barrido sobre la superficie de la Tierra, que determina las regiones desde las que se verá el fenómeno (figura 14). Si nos ceñimos a la umbra, se producirá un largo y estrecho pasillo, denominado **banda de totalidad**, desde el cual el fenómeno se contemplará como total. La longitud típica de esta senda de oscuridad es de unos 14.000 km, con una anchura máxima de 273 km, lo que representa menos del 0,5% de la superficie terrestre. A ambos lados de la trayectoria de totalidad, se encuentra una amplia extensión penumbral, de miles de kilómetros de amplitud, desde la que se percibe el evento como parcial, más leve cuanto más alejado se encuentre el observador de la senda umbral.



FIGURA/**13**

FIGURA/12
Posiciones extremas de la umbra lunar en relación a la Tierra. (F. Espenak, NASA RP 1178, adaptado por J.C. Casado).

FIGURA/13
Esquema de un eclipse central anular (gráfico basado en el libro «Eclipse», de B. Brewer»).



FIGURA/**14**

Cuando la situación es inversa a la expuesta anteriormente, la prolongación de la umbra genera una **umbra negativa** o **anti-umbra** (figura 13). Desde ella, la imagen de nuestro satélite aparece menor que la del Sol, mostrándose silueteada sobre la brillante fotosfera solar. Este tipo de eclipse, denominado **anular**, toma el nombre del anillo de luz solar que rodea a la Luna en la fase central del fenómeno. En este caso también, al igual que en los eclipses totales, se crea una **banda de anularidad** en la que el eclipse se verá como anular, mientras que a ambos lados de la trayectoria de anularidad, se encuentra la zona penumbral o de parcialidad.

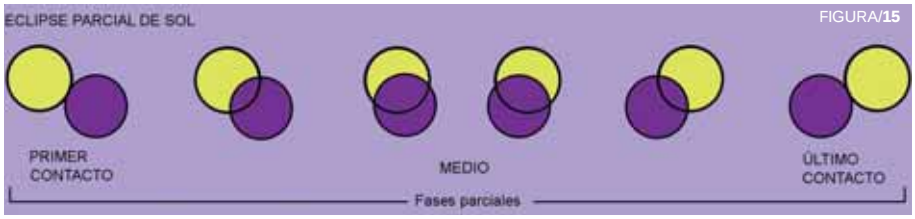
Un tercer tipo de eclipse central puede darse al producirse en un mismo fenómeno una transición entre el anular y total. Este eclipse se denomina **mixto, híbrido** o **anular-total**. Tiene lugar cuando la punta de la umbra coincide con algún lugar de la Tierra. En este caso, debido a la curvatura del globo terrestre, la umbra alcanza parte de la superficie de nuestro planeta y, en otro intervalo de su trayectoria, la umbra «cae corta», originándose una anti-umbra y su consecuente eclipse anular. La banda de anularidad-totalidad usualmente (aunque no siempre) comienza y termina como eclipse anular, cambiando a total en el trayecto central del recorrido. Estos eclipses constituyen tan sólo el 4% de los solares.

¿Cómo se ven?

Eclipse parcial: En todo eclipse parcial su desarrollo presenta dos **contactos** (figura 15). El primer contacto es el instante de tangencia entre los discos solar y lunar, que marca el inicio del fenómeno. Tras el avance paulatino de la Luna, se llega al **medio** o máximo del evento, momento en el que se cubre una mayor fracción del disco solar, alcanzándose la mayor **magnitud**. La magnitud de un eclipse es la fracción del diámetro solar

FIGURA/14
Esquema de un eclipse central total de Sol (gráfico basado en el libro «Eclipse», de B. Brewer»).

ocultado por la Luna. Se trata de un valor que representa la proporción entre ambos diámetros, por lo que no debe confundirse con el **oscurecimiento**, que mide la superficie solar tapada por la Luna (figura 16).



La magnitud puede expresarse tanto en porcentaje como en fracción decimal (60% ó 0,60). A partir de este momento, la Luna comienza a retirarse hasta llegar al último contacto y fin del eclipse (figura 17).

MUY IMPORTANTE: En un eclipse parcial el Sol sigue muy brillante, por lo que es necesario el uso de medios adecuados para su observación segura, que serán los mismos que los de una observación solar habitual.

Eclipse anular: Aun cuando la magnitud de este eclipse es alta y es perfectamente perceptible, un decrecimiento de la iluminación ambiental, la luz residual del disco solar es suficiente para seguir impidiendo la visión de la corona solar, y hacer necesario utilizar TODOS LOS MEDIOS DE OBSERVACIÓN SEGUROS COMO SI SE TRATARA DE UN ECLIPSE PARCIAL.

FIGURA/15
Fases de un eclipse parcial de Sol (o de un eclipse total o anular visto como parcial) (gráfico basado en el libro «Eclipse», de B. Brewer»).

FIGURA/17
Desarrollo completo del eclipse parcial de Sol del 12 de octubre de 1996 fotografiado a intervalos regulares desde la bahía de San Sebastián (Guipúzcoa). (Foto J.C. Casado).

Un observador situado en la zona de anularidad experimenta cuatro contactos o instantes de tangencia entre los discos solar y lunar. El evento tendrá una primera parte o fase precedente en la que se producirá en primer término el **primer contacto**, o instante en que se «tocan» por primera vez ambos discos. Poco a poco, en un proceso que dura aproximadamente una hora y media, el disco solar se va ocultando hasta producirse el **segundo contacto**, cuando el disco lunar «entra» completamente en el disco solar. Entonces, se inicia la fase central o de **anularidad**, culminando con el **medio** del fenómeno. Esta fase, como máximo, puede alcanzar unos 12 minutos y medio de duración. Transcurrida ésta viene la **fase siguiente**, los eventos suceden de forma análoga, pero en orden inverso, con un **tercer contacto** o fin de la anularidad y el **cuarto contacto** o finalización del eclipse (figura 18). Fuera de la zona de anularidad el observador situado en la penumbra, ve el fenómeno como parcial.

FIGURA/**18**

Eclipse total: De manera análoga a los eclipses anulares, los totales constan de cuatro contactos. El primer contacto y la fase precedente son parecidos al de un eclipse anular. Pero antes de llegar al segundo contacto, la iluminación ambiental comienza a precipitarse espectacularmente. Los parámetros atmosféricos, tales como la temperatura o la humedad relativa se ven alterados (tal como se constata, por ejemplo, en estudios llevados a cabo por Marcos Peñaloza, de la Universidad de Essex, y el Dr. Edward Hanna, del Instituto de Estudios Marinos de Plymouth).

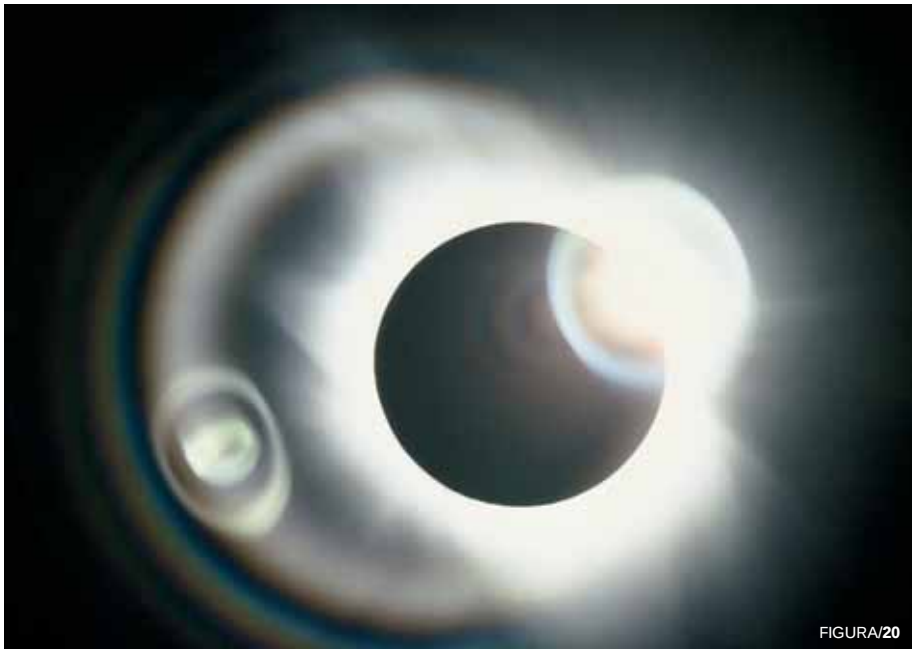
Si el observador se encuentra situado en un lugar elevado, con una buena visibilidad del paisaje lejano, puede divisar perfectamente a la propia umbra lunar aproximándose por el horizonte oeste a velocidad supersónica (figura 19). En el instante del segundo contacto se produce el **anillo de diamantes** (figura 20), un fulgor que, por efecto de la irradiación, tiene lugar en el punto donde se oculta la fotosfera. Pero antes de desaparecer la última porción de la fotosfera, ésta se divide, debido a la accidentada orografía del borde del disco lunar, en unos fragmentos luminosos de fotosfera, llamados **perlas de Baily** (figura 21). Entonces

FIGURA/**16**

FIGURA/16
Magnitud y oscurecimiento de un eclipse solar. La magnitud expresa la fracción del diámetro ocultado en tanto que el grado de oscuridad u oscurecimiento representa el área eclipsada. (Gráfico B.d.L. adaptado por J.C. Casado).

FIGURA/18
Fases de un eclipse anular (gráfico basado en el libro «Eclipse», de B. Brewer»).

FIGURA/**19**

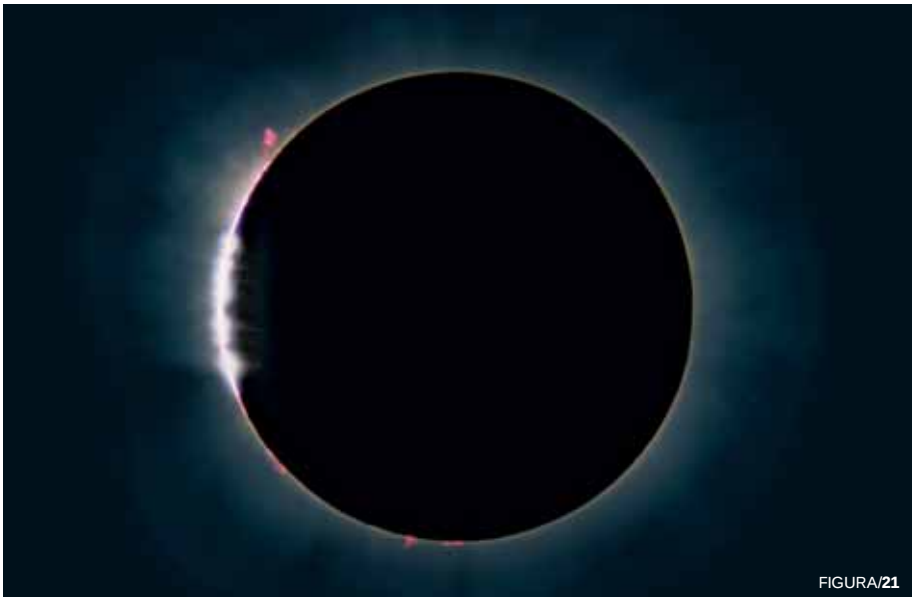

FIGURA/**20**

FIGURA/19
Vista panorámica que recoge la aproximación de la umbra lunar a más de 4.500 km/h, desde el horizonte oeste poco antes del segundo contacto. La elevada posición del observador (más de 4.000 m de altitud en el altiplano boliviano) permitió captar la umbra proyectándose contra la atmósfera de la Tierra. Eclipse solar del 3 de noviembre de 1994 (Foto J.C. Casado).

FIGURA/20
Anillo de diamantes en el eclipse total de Sol del 11 de julio de 1991, fotografiado en las cercanías de La Paz (Baja California Sur, Méjico). La óptica del telescopio produjo los reflejos que se observan en torno al disco eclipsado. (Foto J.C. Casado).

FIGURA/21
Perlas de Baily fotografiadas en el segundo contacto del eclipse solar del 21 de junio de 2001 desde Zambia. (Foto J.C. Casado).

aparece súbitamente la corona solar, deslumbrada hasta entonces por el brillo fotosférico, un millón de veces superior (figura 22). En los primeros segundos se muestra parte de la cromosfera como un fino arco de intenso color rojizo con brillantes protuberancias, que si no son suficientemente grandes, desaparecen rápidamente tras el avance del disco lunar (figura 23).



FIGURA/**21**

La corona, de intenso color blanco perlado, muestra unas estructuras que siguen la disposición del campo magnético del Sol. En el centro resalta el disco lunar, convertido en un agujero negro en el cielo. La forma y brillo de la corona depende esencialmente del instante en que se encuentre nuestra estrella en su ciclo de actividad de 11 años.

Los planetas visibles a simple vista y las estrellas más brillantes aparecen en el firmamento, creándose una «noche» artificial, aunque la iluminación es más bien como la de un crepúsculo avanzado (figura 24). Sobre el círculo completo del horizonte se muestran colores semejantes a los de una puesta de Sol, porque allí a lo lejos, el eclipse no es total.

FIGURA/**24**

FIGURA/**22**

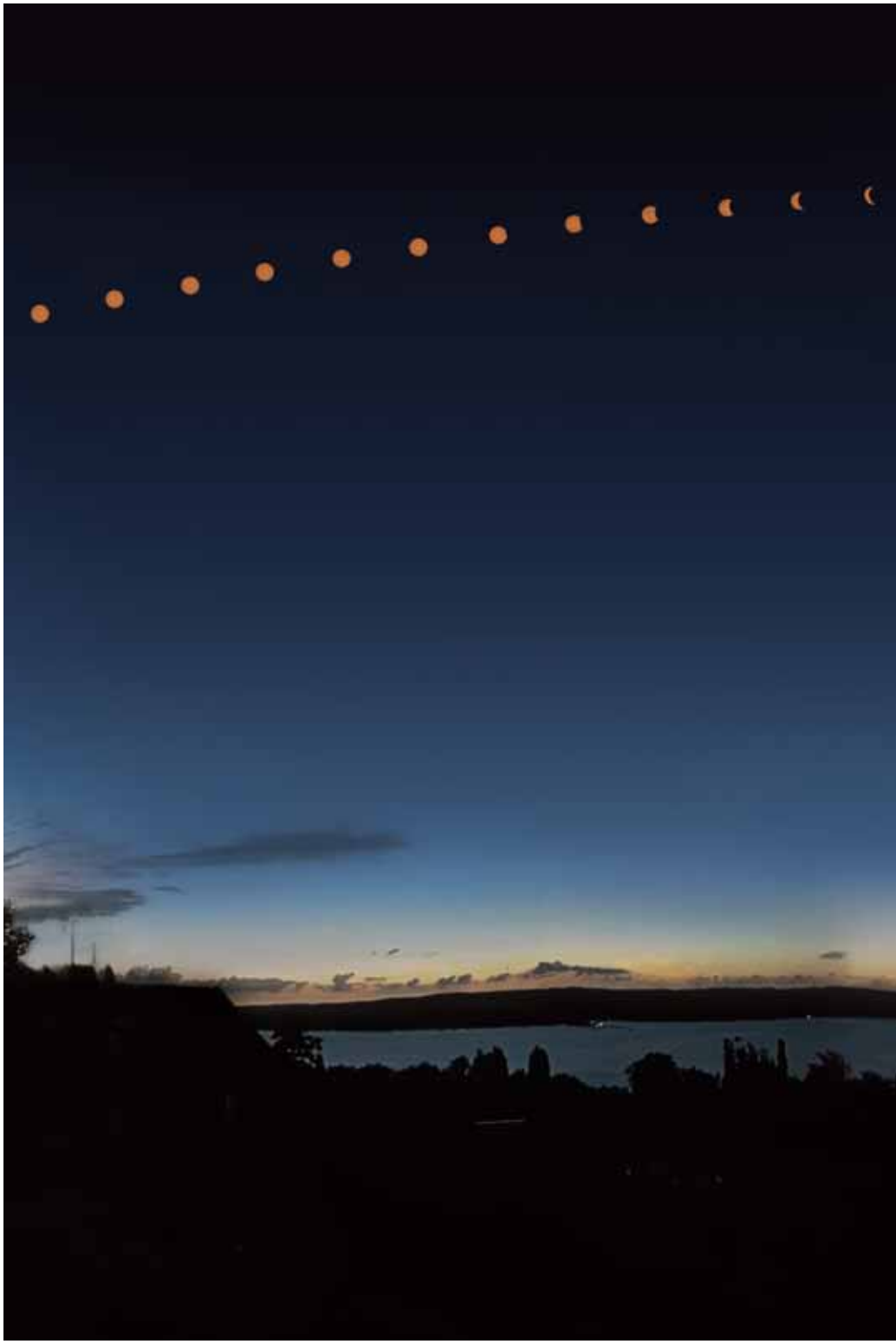
FIGURA/**23**

FIGURA/22
Imagen de la corona durante la totalidad del eclipse solar del 21 de junio de 2001. Debido al gradiente de brillo de la corona, se combinaron digitalmente fotografías con diferentes exposiciones para mostrar detalles en toda su extensión. En la izquierda de la imagen se puede ver el punto de luz correspondiente a la estrella SAO77915, de magnitud 4,2. (Fotos y procesado J.C. Casado).

FIGURA/23
Cromosfera y protuberancias visibles en la totalidad del eclipse solar del 11 de agosto de 1999, desde Hungría. Combinación de fotografías tomadas al comienzo y final de la totalidad. (Imagen J.C. Casado).

FIGURA/24
Aspecto del paisaje totalmente eclipsado durante el eclipse solar del 21 de junio de 2001 en Zambia. Bajo el Sol eclipsado puede verse brillando al planeta Júpiter. (Imagen J.C. Casado).

ECLIPSES



La totalidad termina pronto, tal es el efecto psicológico que produce, seguramente al estar incluida entre dos largas fases parciales. En el mejor de los casos, esto es, en el ecuador, la duración alcanza como máximo 7 minutos y medio. Para latitudes medias la totalidad puede durar 6 minutos en el mejor de los casos y tan sólo 3 minutos en las regiones polares. Estadísticamente, se comprueba que la duración media de la totalidad es de unos 3 minutos. Con el tercer contacto (segundo anillo de diamantes), los acontecimientos suceden de manera análoga, pero en orden inverso a la fase precedente.

Los eclipses totales (y casi lo mismo podría decirse de los anulares) no son fenómenos infrecuentes como pudiera parecer, ya que, en promedio, acontecen una vez cada 18 meses. Sin embargo para un punto de la superficie terrestre -por ejemplo una ciudad- el fenómeno sucede en promedio una vez cada 375 años. Por ello es necesario realizar largos viajes para situarse en la banda de totalidad.

Mapas de eclipses

Para representar y visualizar las zonas de la Tierra por las que será visible un eclipse solar se utilizan mapas terrestres que llevan superpuestas unas curvas que delimitan las áreas desde las cuales será visible el fenómeno.

La interpretación de tales mapas es más sencilla de lo que parece, proporcionando además una información bastante completa sobre las circunstancias generales y locales del evento.

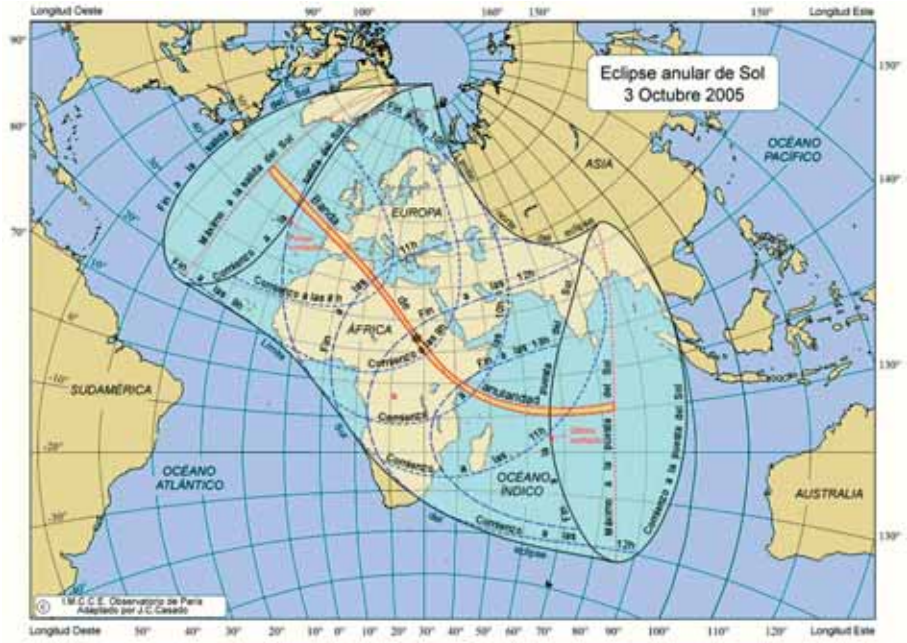
El principal problema en la cartografía es la imposibilidad de representar intuitivamente una superficie esférica (la Tierra) en un mapa, que es un plano. Según la aplicación a que se destine se emplea un determinado tipo de proyección cartográfica. La mayoría de los mapas de eclipses solares, como los que aparecen en las Efemérides publicadas anualmente por el Observatorio Astronómico Nacional o el Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando, utilizan la proyección estereográfica, la cual permite una buena representación de las zonas eclipsadas, aunque con deformaciones hacia las zonas marginales del mapa.

Como ejemplo hemos elegido el mapa (figura 25) del eclipse anular de Sol del 3 de octubre de 2005.

Las zonas en las que el eclipse resultará visible -en mayor o menor medida- son las que quedan dentro del área central coloreada. Desde el exterior, aunque se vea el Sol, el eclipse no tendrá lugar, por hallarse fuera de la zona de sombra lunar. La estrecha y larga franja central es la banda de anularidad. Desde su interior, el eclipse será anular, aunque a distintas horas. El asterisco de color negro, situado aproximadamente en el centro de la banda de anularidad, representa el punto de Máximo Eclipse o lugar en el que el eje de la sombra lunar pasa más cerca del centro de la Tierra.

Fuera de la banda de anularidad el eclipse se verá parcial, con magnitud decreciente a medida que la posición del observador se aleje más, perpendicularmente, de esta banda. En esta zona, situado en el continente africano, se puede notar una «s» de color rojo, que indica el punto subsolar o lugar de la Tierra donde el Sol se encuentra en el cenit a la hora del Máximo Eclipse.

Los tiempos de comienzo y final del eclipse se indican mediante líneas punteadas, a intervalos de una hora, con el horario en Tiempo Universal. Asimismo se indican, en color rojo, el Primer Contacto y Último Contacto, que señalan los lugares de la Tierra donde, respectivamente, tienen lugar el primer y último contacto con la sombra lunar.



FIGURA/**25**

FIGURA/25
Mapa global del eclipse anular de Sol del 3 de octubre de 2005.

En el mapa se pueden ver las regiones españolas afectadas por el eclipse. El eclipse será anular en una banda que cruzará la Península de noroeste a sudeste, abarcando la Comunidad Gallega, Castilla-León y Castilla-La Mancha, la Comunidad de Madrid y Valencia. Desde el resto de regiones el eclipse se verá como parcial, aunque muy intenso, excepto en Canarias, donde alcanzará como máximo un 50% de ocultación. Para la península, el eclipse comenzará hacia las 7:30 TU y finalizará hacia las 10:30 TU El máximo, o momento de mayor ocultación, será la hora intermedia entre ambos instantes, esto es, hacia las 9:00 TU. En Canarias, al ser parcial, el eclipse tendrá menor duración. Comenzará hacia las 7:45 TU y acabará poco después de las 10:00 TU.

¿Qué estudiar?

Los eclipses solares, particularmente los totales, ofrecen una oportunidad única para realizar una gran variedad de observaciones y experimentos, a pesar de la brevedad de la fase central. Algunos de estos están enfocados al estudio del mismo Sol y del espacio circundante y otros, en su sentido más amplio, tienen que ver con la interrelación con nuestro planeta.

Además, satélites artificiales como el SOHO, que vigilan al Sol en diversas longitudes de onda, ofrecen una referencia de comparación entre las observaciones de estaciones terrestres y las del espacio.

Estos son, de una manera general, los estudios que pueden llevarse a cabo sobre los eclipses solares:

El Sol como cuerpo astronómico:

- Estudios en la corona solar (los más abundantes), que como se ha visto en la introducción, tiene una temperatura media de 1.000.000 ºC, no siendo aún bien conocido el mecanismo de su calentamiento. Entre estas investigaciones pueden citarse: densidad y estructuras de la corona, ondas de choque, interrelación corona-protuberancias, materia «fría» coronal (¡a 800.000 ºC!), campos magnéticos, materia neutra en la corona interna, polarización.

- Mediciones de alta precisión del diámetro solar. Los contactos de inicio y final de la fase total ofrecen unas referencias para realizar

esta medida. Estos estudios pueden permitir responder a la cuestión de si el tamaño del Sol varía con el tiempo.

- Estudio del espacio y la materia que rodea al Sol (posible anillo de polvo).

- Comprobaciones de la teoría de la relatividad general.

Interrelación con la Tierra:

- Perturbaciones gravitatorias en el sistema Tierra-Luna: su estudio permite un mejora de la precisión en las Efemérides Astronómicas.
- Alteraciones meteorológicas: presión, temperatura, humedad relativa, conductividad del aire. Este es un campo donde el aficionado puede colaborar con el científico.

- Alteraciones medioambientales: efectos ópticos (cambios en el color y brillo del cielo), aparición de las bandas de sombra, estudios de la radiación solar y su relación con capas atmosféricas. Efectos químicos en la atmósfera terrestre, ya que una parte de la radiación solar es absorbida por partículas (moléculas y átomos), que cambian sus características según sea día o noche.

- Reacciones y alteraciones en el comportamiento de la fauna y flora.

- Aspectos históricos: los eclipses han sido utilizados como elementos de datación para fechar hechos históricos.

- Aspectos etnográficos: leyendas, mitos y creencias en la cultura popular y local.

Eclipses de Luna

Hemos visto anteriormente que la visibilidad de los eclipses de Sol depende de la situación geográfica del observador. Por el contrario, en los eclipses de Luna el fenómeno se observa desde cualquier lugar de nuestro planeta donde la Luna se encuentre por encima del horizonte a la hora del eclipse. Y a diferencia de los eclipses de Sol, en los que el horario de las fases del eclipse depende de la posición geográfica del

observador, en los eclipses lunares éstos serán los mismos independientemente del lugar de observación.

Tipos

Penumbrales: La Luna sólo es tapada, parcial o totalmente, por la penumbra terrestre. En cualquier caso, el oscurecimiento de la imagen lunar es muy leve y solo perceptible si hay un gran porcentaje de ocultación (figura 26). Por esta misma razón es muy difícil apreciar los contactos del eclipse. Este tipo de eclipse es poco importante y como se ha mencionado más arriba a menudo no se cita en los calendarios populares.

FIGURA/**26**

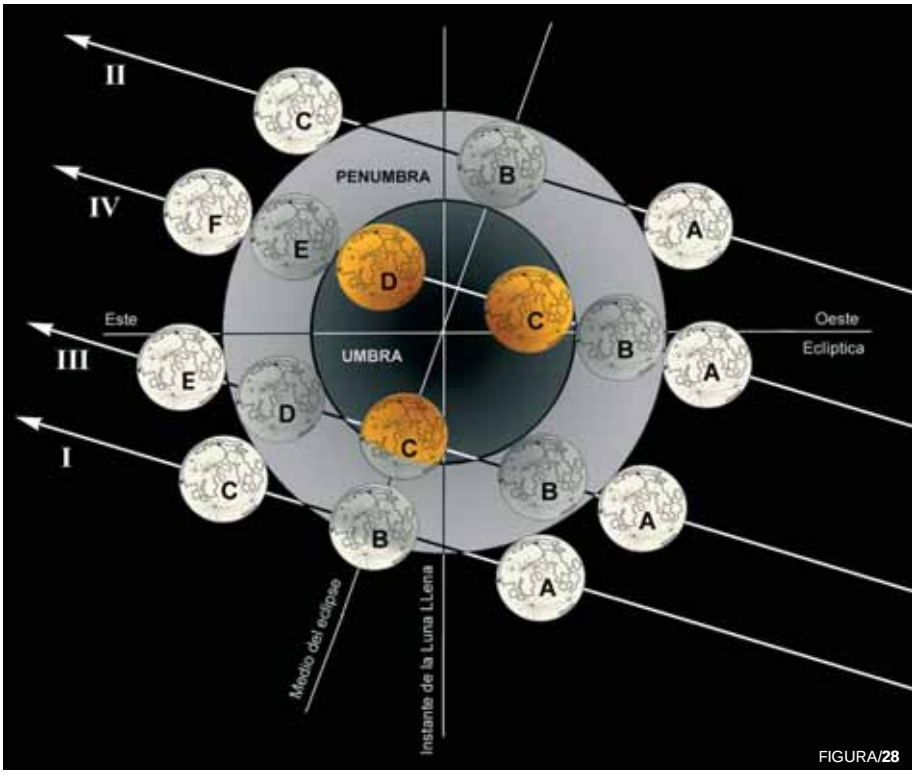
Parciales: Nuestro satélite natural resulta oculto en parte por la umbra terrestre. El borde de la umbra es oscuro, y perfectamente discernibles los instantes de los contactos, aunque presenta una borrosidad debido a que la Tierra posee una atmósfera que difumina la definición del contorno de su sombra (figura 28).

Totales: La Luna penetra completamente en la umbra de la Tierra. Debido a que el diámetro de nuestro planeta es cuatro veces mayor que el lunar, su sombra también es mucho más ancha, por lo que la totalidad de un eclipse lunar puede prolongarse hasta 104 minutos (figura 27).

En la figura 28 se muestra un esquema donde aparecen todos los tipos de eclipses lunares y sus contactos o fases.

FIGURA/26
Imagen de la Luna sin eclipsar (a la izquierda) y eclipsada por la penumbra totalmente (a la derecha) durante el eclipse lunar del 16 de mayo de 2003. (Imagen J.C. Casado-Shelios).

FIGURA/**27**



FIGURA/**28**

¿Cómo se ven?

Eclipse penumbral: Como se ha mencionado más arriba, no resultan distinguibles los contactos. Tan solo es perceptible una ligera atenuación en el brillo del disco lunar, sobre todo en la zona más cercana al borde de la umbra.

FIGURA/27
Composición fotográfica del eclipse lunar del 16 de mayo de 2003. Imágenes tomadas al comienzo (a la derecha), medio y final (a la izquierda) de la totalidad. (Imagen J.C. Casado-Shelios).

FIGURA/28
Diferentes tipos de eclipses lunares. Se nombran con letras los diversos contactos de cada eclipse y la posición en el medio del fenómeno excepto en el eclipse total (IV). **Trayectoria I** (eclipse penumbral parcial) A: comienzo del eclipse, B: medio del eclipse penumbral, C: final del eclipse. **Trayectoria II** (eclipse penumbral total), en este eclipse no se indica el comienzo y final de la fase penumbral total, por coincidir casi con el medio. A: comienzo del eclipse; B: medio; C: final del eclipse. **Trayectoria III** (eclipse parcial) A: comienzo del eclipse penumbral; B: comienzo del eclipse umbral o del eclipse parcial; C: medio del eclipse parcial; D: final del eclipse parcial o del eclipse umbral; E: final del eclipse penumbral. **Trayectoria IV** (eclipse total) A: comienzo del eclipse penumbral; B: comienzo del eclipse umbral; C: comienzo de la totalidad; D: final de la totalidad; E: final del eclipse umbral; F: final del eclipse penumbral. (Esquema de J.C. Casado).

Eclipse parcial: Después de la fase penumbral, que dura aproximadamente una hora, la umbra se muestra oscura y su borde curvado bien visible, aunque éste presenta una falta de definición. Con el telescopio es posible apreciar el avance de la umbra tapando la superficie lunar y sus detalles orográficos, como cráteres y montañas.

Eclipse total: El eclipse se inicia como un eclipse penumbral, continuando con una fase de eclipse umbral. Una vez que la umbra cubre por completo el disco de la Luna, éste no desaparece sino que toma una coloración rojiza, aunque los tonos y el brillo en esta fase de totalidad varían de un eclipse a otro. Por término medio la iluminación de la Luna desciende unas 10.000 veces en la totalidad, haciéndose visibles todas las estrellas del firmamento como si no hubiera Luna. La causa de que el disco lunar aún presente una iluminación se debe a la atmósfera terrestre, que actúa como una lente refractando rayos solares y desviándolos hacia la Luna. La coloración rojiza se produce por una absorción en la atmósfera de nuestro planeta, más acusada en el azul que en el rojo. La capa de ozono, la presencia de polvo de origen volcánico y el estado de la atmósfera por la zona donde pasan los rayos solares durante el eclipse, así como la actividad solar, son los principales responsables de los cambios observados de un eclipse a otro en cuanto a la luminosidad y la coloración del disco lunar totalmente eclipsado. Tras la totalidad la umbra se retira como en un eclipse parcial y termina con una fase penumbral (figura 29).

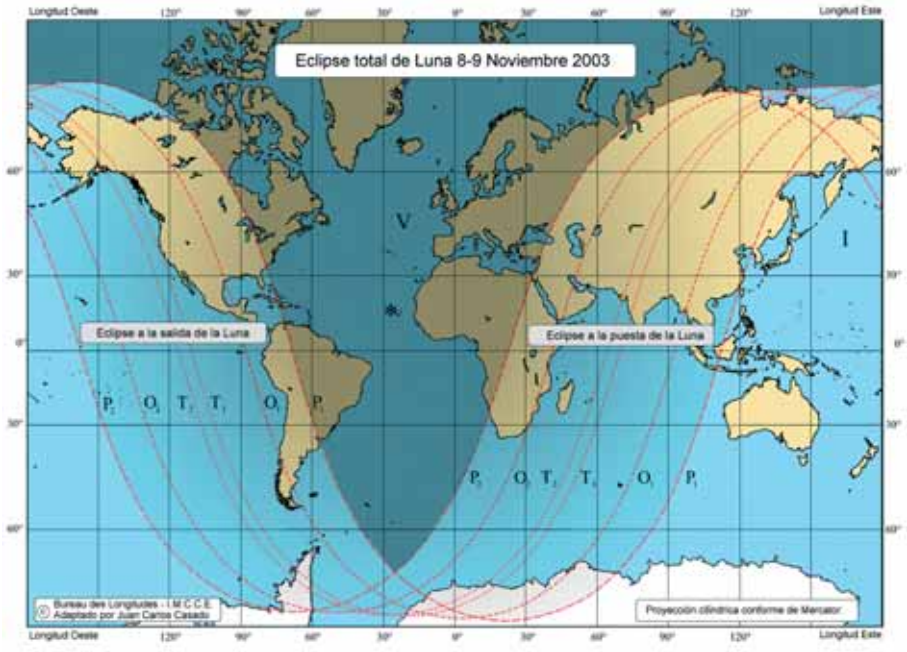
FIGURA/29
Desarrollo del eclipse total de Luna del 4 de abril de 1996 durante casi cuatro horas, fotografiado a intervalos regulares desde las Bardenas Reales (Navarra). (foto J.C. Casado).

Mapas de eclipses

Al igual que en los eclipses solares, para representar las zonas de la Tierra donde será visible el eclipse de Luna se emplean unos mapas del mundo donde se trazan unas curvas que muestran las regiones afectadas por el eclipse.

La proyección cartográfica que se emplea es la cilíndrica de Mercator, la más común para representar el mundo globalmente. En ella se muestran fielmente las zonas ecuatoriales, pero deforma y aumenta las distancias paulatinamente hacia las regiones polares.

Como ejemplo se ha elegido el eclipse total de Luna del 8-9 de noviembre de 2003, el propuesto para realizar la práctica de observación (figura 30).



FIGURA/**30**

La región donde será visible por completo todo el desarrollo del fenómeno (zona central más sombreada) aparece señalada con la letra «V». Por el contrario, las zonas de la Tierra donde no será visible el eclipse se indican con la letra «I».

FIGURA/30
Mapa del eclipse total de Luna del 8-9 de noviembre de 2003.

El grupo de regiones situadas a la derecha del mapa, entre la zona «V» e «I» aparecen bajo el rótulo «Eclipse a la puesta de la Luna». Significa que una determinada fase del eclipse ocurre cuando la Luna se esté poniendo por el horizonte del lugar. Análogamente, a la izquierda del mapa, hay otras zonas delimitadas por curvas bajo el rótulo «Eclipse a la salida de la Luna», que indica las regiones de la Tierra donde ocurre una fase del eclipse a la salida de la Luna por el horizonte local.

Las curvas tienen el siguiente significado:

P_1 : Límite de la región donde se observa la entrada en la penumbra.
O_1 : Límite de la región donde se observa la entrada en la umbra.
T_1 : Límite de la región donde se observa el comienzo de la totalidad.
T_2 : Límite de la región donde se observa el final de la totalidad.
O_2 : Límite de la región donde se observa la salida de la umbra.
P_2 : Límite de la región donde se observa la salida de la penumbra.

El asterisco, situado aproximadamente en el centro de la región «V», indica el lugar de la Tierra donde será visible la Luna en el cenit en el medio de la totalidad.

Como se puede ver, desde todo el territorio español será visible el eclipse por completo en muy buenas condiciones, sobre todo en Canarias, por hallarse la Luna a gran altura sobre el horizonte en la totalidad.

¿Cómo verá el eclipse, por ejemplo, un observador situado en Los Ángeles (EEUU)? Mirando al mapa vemos que Los Ángeles se encuentra entre las curvas O_1 y T_1, muy cerca del límite de esta última y en la zona de «Eclipse a la salida de la Luna». El observador no verá la primera fase penumbral ni prácticamente toda la primera fase umbral. La Luna saldrá por el horizonte muy poco antes del comienzo de la totalidad, pudiendo a partir de ese momento ver el resto del desarrollo del eclipse.

¿Qué estudiar?

Mediante la observación de la Luna en la totalidad es posible estudiar el estado de la atmósfera de la Tierra, ya que, como hemos visto, la iluminación proviene de la luz que ha pasado a través la atmósfera de nuestro planeta. Precisamente fue así como en 1942 los astrónomos

franceses Chalonge y Barbier mostraron que el ozono de nuestra atmósfera abunda especialmente entre los 20 y 30 km de altura.

Otro aspecto para estudiar proviene de que las estrellas ocultadas por la Luna permiten refinar el estudio del movimiento de nuestro satélite en su órbita alrededor de la Tierra. Durante un eclipse lunar son visibles muchas más estrellas que en condiciones normales, por lo que se pueden observar un buen número de ocultaciones.

Según observaciones que datan del siglo XVIII, parece producirse una variación en el tamaño de la sombra de la Tierra. Este apasionante estudio puede realizarse cronometrando el mayor número posible de inmersiones y emersiones en la umbra de accidentes lunares, como cráteres. Esta observación es sencilla de realizar, siendo la que proponemos como actividad para el eclipse total de Luna del 8-9 de noviembre de 2003.

Bibliografía e informaciónen Internet

BIBLIOGRAFÍA

A continuación citamos algunos textos especializados de interés. Son muy escasas las obras en español sobre eclipses, aunque normalmente en cada libro de astronomía se dedica un capítulo a este respecto, con mayor o menor rigurosidad.

- **SERRA-RICART, M.** et al. *Eclipses. Tras la sombra de la Luna.* Shelios, 2000. Ameno y vistoso libro sin perder rigurosidad, dedicado especialmente a expediciones para observar eclipses totales de Sol.

- **GIL CHICA, F.J.** *Teoría de eclipses, ocultaciones y tránsitos.* Universidad de Alicante, Murcia, 1996. Tratado sobre la teoría de eclipses y cuerpos ocultantes en general. Se trata de un libro que desarrolla con detalle el aspecto matemático de estos fenómenos, por lo que exige un conocimiento avanzado de las matemáticas.

La bibliografía más amplia sobre el tema se encuentra en inglés:

- **ESPENAK, F.** *Fifty Year Canon of Solar Eclipses : 1986-2035.* NASA Reference Publication 1178. Sky Publishing Corporation, Cambridge

(USA), 1987. Canon o catálogo de referencia realizado por uno de los mejores especialistas, Fred Espenak. Contiene datos y mapas de todos los eclipses solares entre 1986 y 2035 con detalle e información general del periodo 1901-2100.

- **ESPENAK, F.** *Fifty Year Canon of Lunar Eclipses: 1986-2035.* NASA Reference Publication 1216. Sky Publishing Corporation, Cambridge (USA), 1987. Canon que contiene datos y mapas de todos los eclipses lunares entre 1986 a 2035 con detalle e información general del periodo 1901-2100.

- **MEEUS, J.** *Elements of solar eclipses 1951-2200.* Willmann-Bell, Inc, Richmond (USA). Contiene los elementos besselianos de los 570 eclipses solares entre 1951 y 2200, que permiten calcular las circunstancias generales y locales de los mismos. Las fórmulas, de alta de precisión, han sido desarrolladas por el Bureau des Longitudes de París. También existe una versión en disquete con los elementos grabados, aunque sin rutina para su empleo, que debe ser programada.

- **GUILLERMIER, P. y KOUTCHMY, S.** *Total Eclipses.* Springer, 1999. Ciencia, observaciones, mitos y leyendas sobre los eclipses, especialmente los totales de Sol. Un magnífico libro para quien quiera aprender más sobre los eclipses y su observación.

- **REYNOLDS, M.D. y SWEETSIR, R.A.** *Observe eclipses.* Observe Astronomical League Publications, Washington (USA), 1995. Excelente obra de divulgación y manual de observación, cubriendo todos los aspectos que puede abarcar el aficionado. Se puede adquirir a través de la editorial que publica la revista americana Sky and Telescope, Sky Publishing Corporation.

Por último destacan las Publicaciones Técnicas de la NASA, que se publican unos dieciocho meses antes de cada eclipse anular o total. Recogen mapas, tablas, predicciones e información general y local sobre las circunstancias del eclipse en cuestión. Para mayor información dirigirse a Fred Espenak, NASA/GSFC, Code 693, Greenbelt, MD 20771 (USA) ó vía e-mail : espenak@gsfc.nasa.gov

DIRECCIONES DE INTERNET

En español:

- **http://www.shelios.com** Expediciones de carácter científico-divulgativo, con una componente de aventura, alrededor de toda la Tierra para observar y registrar espectáculos naturales como eclipses, tormentas de meteoros, auroras polares y otros fenómenos astronómicos.

- **http://www.skylook.net** Información y expediciones sobre eclipses y otros fenómenos con un álbum temático de imágenes.

- **http://www.saros.org** Expediciones científicas para observar eclipses y otros eventos astronómicos.

- **http://www.astronomia-e.com** Sitio de la revista «Tribuna de Astronomía y Universo». Información general y efemérides sobre fenómenos celestes como eclipses.

En inglés:

- **http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html** Probablemente el más completo sitio que existe sobre eclipses. Aquí se encuentra «en línea» los catálogos solares y lunares de miles de años. Mucha información y vínculos de interés.

- **http://eclipse.span.ch/eclipse.htm** Expediciones e imágenes en directo por el cazador suizo de eclipses Olivier Staiger.

- **http://www2c.biglobe.ne.jp/~takesako/cal/emapwin_eng.htm** Programa para Windows sobre eclipses solares que muestra con datos y gráficos todos los eclipses entre el 3.000 A.C. y el 3.000 D.C.

- **http://skyandtelescope.com/observing/objects/eclipses/** Instrucciones para la observación de eclipses de la revista americana Sky & Telescope.

- **http://www.williams.edu/Astronomy/IAU_eclipses/** Página sobre eclipses de la Unión Astronómica Internacional (IAU), con referencias y vínculos interesantes.

ACTIVIDAD: ECLIPSE TOTAL DE LUNA

Paso de la sombra terrestre por detalles de la superficie lunar

8-9 NOVIEMBRE 2003

Introducción

Un eclipse total de Luna es un fenómeno llamativo para aquellos que pueden verlo con un buen cielo despejado.

Durante la totalidad o fase total, nuestro satélite se encuentra durante varias decenas de minutos sumergido en el cono de umbra de la Tierra. Pese a ello, como se ha explicado anteriormente, la Luna no suele llegar a desaparecer, sino que su brillo se atenúa espectacularmente -hasta el punto de hacerse visibles todas las estrellas del firmamento como si no estuviera la Luna- , tomando una coloración rojiza.

La visibilidad de la Luna depende de las condiciones atmosféricas de la Tierra. Y particularmente del estado de transparencia de las capas superiores de la atmósfera, las cuales, en ocasiones, están contaminadas con polvo terrestre o nubes.

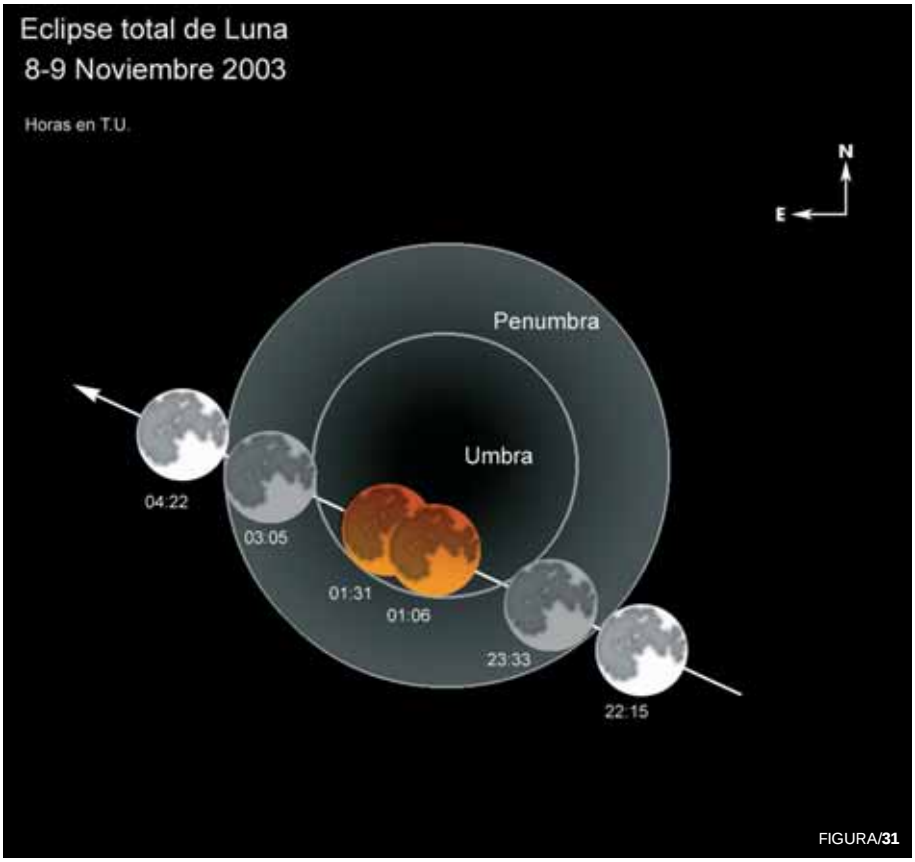
Por ejemplo, los observadores que presenciaron el eclipse total de Luna del 16 de junio de 1816 declararon que la imagen lunar desapareció por completo. Este hecho se explica por qué en la primavera de 1815, el volcán Tambora, de la Isla de Sumbawa, en Indonesia, había explotado en una de las más grandes erupciones de la historia, lanzando a la atmósfera gran cantidad de cenizas que ocultaron la visibilidad del disco lunar durante la totalidad.

Datos generales

La fase total del segundo eclipse lunar del año 2003 (el primero tuvo lugar el 16 de mayo) sucederá con la Luna muy cerca del borde sur de la umbra terrestre, por lo que tendrá lugar una totalidad corta (25 minutos) y previsiblemente una imagen lunar mucho más brillante que la del eclipse de mayo.

Este eclipse será el último total de Luna de la serie de Saros 126, que a partir de este momento irá produciendo gradualmente eclipses lunares de menor importancia.

La fase penumbral comenzará a las 22:15 T.U. (misma hora en Canarias, 23:15 en el resto de España) del 8 de noviembre, pero seguramente no será perceptible una disminución del brillo del disco lunar hasta las 23 T.U. La fase parcial comenzará a las 23:33 T.U, comenzando a ocultarse los detalles superficiales lunares, como cráteres, al paso de la umbra terrestre. La totalidad comenzará a la 1:06 TU y durará hasta la 1:31 TU, ya del día 9 de noviembre. La fase parcial y penumbral finalizarán, respectivamente, a las 3:05 TU y 4:22 TU (figura 31).



FIGURA/**31**

El eclipse completo será visible desde Europa, gran parte de África y la zona oriental del continente americano. La Luna se pondrá por el horizonte en diferentes fases del eclipse para los observadores asiáticos. Para las zonas del oeste de Estados y Unidos y Canadá, en cambio, la Luna estará saliendo por el horizonte en diversas fases parciales del fenómeno. El eclipse no será visible desde el este de Asia y en países como Japón, Indonesia y Australia por estar la luna por debajo del horizonte (véase mapa, figura 30).

FIGURA/31
Posición de la Luna respecto de la sombra terrestre durante las diferentes fases del eclipse total de Luna del 8-9 de noviembre de 2003.

ACTIVIDAD: ECLIPSE TOTAL DE LUNA

Observación del paso de la sombra terrestre por detalles superficiales lunares

Introducción

Pierre de La Hire señaló en 1702, mediante observaciones de eclipses lunares, que la sombra de la Tierra era, en promedio, un 2,5% mayor de lo que debería ser. Muchos observadores posteriores confirmaron este resultado así como la variación del tamaño de la sombra terrestre de un eclipse lunar a otro. Aunque el fenómeno parece estar relacionado con la atmósfera terrestre, no se conocen aún con exactitud los mecanismos de esta variación. Incluso existen algunas ideas alternativas acerca del agrandamiento de la sombra terrestre basadas en experimentos de laboratorio que muestran que podría ser una ilusión óptica. Pero todavía no hay conclusiones definitivas, por lo que hay que seguir observando.

El estudio del tamaño de la sombra terrestre puede ser realizado cronometrando los tiempos en que la umbra terrestre entra y sale por cráteres y otros detalles superficiales lunares durante las fases parciales de un eclipse total de Luna. Este tipo de observación es muy sencilla de llevar a cabo, estando al alcance de cualquier persona que disponga de un pequeño telescopio. Tan solo conviene atender ciertas normas que se tratan a continuación. Se anima a realizar esta observación al mayor número posible de observadores, ya que con gran cantidad de resultados es posible efectuar análisis estadísticos para su posterior estudio.

Por supuesto, esta interesante observación puede realizarse durante otros eclipses totales de Luna.

Objetivos

Generales

1. Aprender a utilizar el telescopio astronómico, tanto desde el punto de vista mecánico (movimientos, orientación), como óptico (rango de aumentos, visibilidad de objetos celestes).

2. Aprender a estimar las condiciones atmosféricas en observación telescópica: transparencia atmosférica y turbulencia.

3. Organizar la preparación del material y el instrumental, así como de los procedimientos necesarios para realizar una observación telescópica de carácter científico.

4. Realizar un trabajo observacional en equipo siguiendo una metodología.

Específicos

1. Reconocer con un telescopio detalles superficiales lunares.

2. Efectuar cronometrajes del paso de la sombra terrestre sobre cráteres lunares siguiendo una metodología propuesta.

3. Trasladar los datos de observaciones a un Informe de Observación estandarizado.

Instrumental y material necesario

Se necesita un telescopio astronómico de cualquier tipo, preferiblemente con seguimiento automatizado. El aumento debe ser el máximo que permita una visión del disco lunar al completo. Si el telescopio fuera de abertura grande, proporcionando una imagen muy luminosa, puede utilizarse un filtro lunar o un filtro de densidad neutra para atenuar el brillo de la imagen lunar.

Asimismo es necesario algún reloj digital con visualización de segundos y sincronizado con señales horarias o un patrón de tiempo (véase más abajo «software y recursos en Internet»). Para que tenga validez científica la precisión del cronometraje de cada cráter debe ser de 0,1 minutos o 6 segundos.

Puede resultar muy útil una grabadora de sonidos para realizar el registro de los contactos vocalmente, sobre todo cuando se trate de un observador solo.

También es necesario un buen atlas lunar para el reconocimiento de los diferentes cráteres propuestos en la observación. En cualquier caso es

necesaria su identificación previa con toda seguridad varios días antes de la fecha del eclipse (en el apartado «Lista de cráteres con tiempos previstos» incluimos una imagen de la Luna Llena con los cráteres identificados). De todas maneras debe tenerse en cuenta que en fase de Luna llena resultará más difícil la identificación de los cráteres. Asimismo hay que advertir que habitualmente los mapas lunares figuran con el sur hacia arriba, de la misma manera en que se muestran los cuerpos celestes en los telescopios astronómicos.

Por último no debe olvidarse el equipo necesario habitual para observaciones astronómicas nocturnas: elementos de escritura, linterna, ropa de abrigo, etc.

Metodología de observación

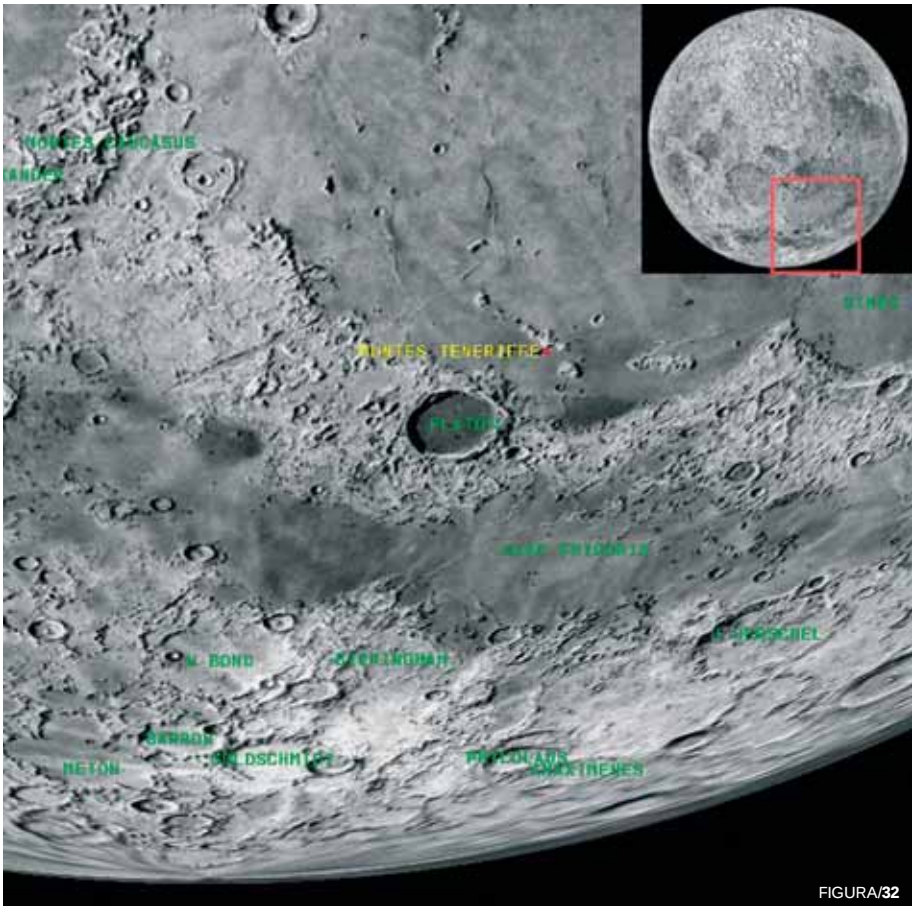
Como se ha indicado anteriormente, el observador debe reconocer a la perfección los cráteres que vaya a cronometrar. Es más conveniente atenerse a unos pocos bien identificados que intentar abarcar una lista más extensa.

Uno de los cráteres más fáciles de identificar es Platón (aproximadamente en el medio de la figura 32). Este cráter de 101 km de diámetro se encuentra cerca del centro del disco lunar pero situado hacia el borde o limbo norte de éste. Muy cerca de él se hallan los montes Tenerife, una cadena montañosa que alcanza 1.450 m de altitud, extendiéndose más de 100 m.

Para cada cráter hay que cronometrar el paso de la umbra por sus dos bordes opuestos, esto es, dos cronometrajes de contacto a la entrada en la umbra (inmersión) y otros dos a la salida de ésta (emersión), aunque en este segundo caso resultará más difícil el cronometraje por estar oculto el cráter por la umbra terrestre. Si el cráter es de dimensiones pequeñas, solo será posible cronometrar un contacto en la inmersión y otro en la emersión del cráter, ya que no presentará dimensiones suficientes para apreciar los bordes.

Debe tenerse en cuenta que el borde de la umbra es difuso y seguramente provocará una ligera indeterminación en la apreciación del contacto.

Como hemos mencionado se deberá disponer de un reloj sincronizado con algún patrón horario. Hay dos métodos sencillos para registrar los tiempos de contacto:



FIGURA/**32**

1) Con grabadora. Es el más adecuado para un solo observador. Se trata de dejar en marcha una grabadora de sonidos (recuérdese poner una cinta de suficiente duración, por ejemplo, una cara de la cinta para la inmersión y la otra para la emersión, así como pilas nuevas). Al comienzo de la grabación se hará una lectura de la hora (con segundos) y seguidamente, sin dejar de grabar (por lo tanto debe desconectarse el modo «activación de la grabación por voz» de ciertas grabadoras) se irá nombrando el cráter y señalando sus contactos. Lo ideal sería disponer de un receptor de radio de onda corta y sintonizar una emisora que transmita señales horarias continuas. Posteriormente se escuchará la grabación, y basándose en la hora inicial registrada, solo restará cronometrar los tiempos de contacto de cada cráter y apuntarlos en el «Informe de Observación», cuyo modelo se adjunta en el Apéndice I.

FIGURA/32
Posición y aspecto del cráter Platón y los montes Tenerife en el disco lunar (arriba a la derecha). (Imagen extraída del programa Virtual Moon Atlas).

ACTIVIDAD: ECLIPSE TOTAL DE LUNA

2) A vista y oído. La observación puede realizarse en equipos de dos personas. Una será el observador, quien estará al ocular del telescopio, identificando el cráter dirá el instante en que se produce el contacto. La otra persona actuará de anotador, apuntando la hora en que el observador indica cada contacto.

Lista de cráteres con tiempos previstos

A continuación se muestra una lista de los tiempos de inmersión y emersión previstos para 15 cráteres lunares en el eclipse del 8-9 de noviembre de 2003:

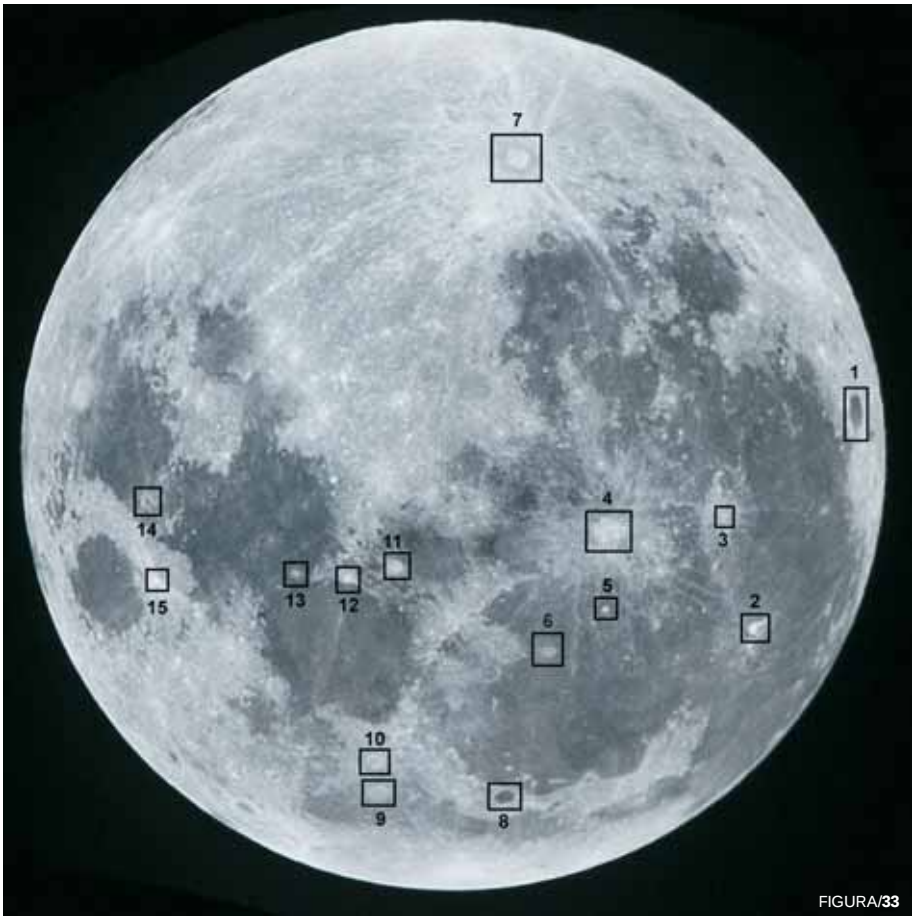
T.U. de la inmersión	Cráter	T.U. de la inmersión	Cráter
23:40	Aristarco	01:51	Grimaldi
23:46	Grimaldi	01:59	Tycho
23:48	Képler	02:08	Képler
23:50	Platón	02:10	Aristarco
23:51	Pytheas	02:18	Copérnico
23:53	Timocharis	02:21	Pytheas
23:55	Copérnico	02:26	Timocharis
23:59	Aristóteles	02:33	Platón
00:01	Eudoxo	02:36	Manilio
00:07	Manilio	02:40	Menelao
00:10	Menelao	02:42	Eudoxo
00:14	Plinio	02:43	Aristóteles
00:24	Proclo	02:44	Plinio
00:28	Taruntio	00:34	Tycho
00:34	Tycho	02:55	Proclo

Debemos recalcar que esta lista es sólo orientativa y que en ningún caso debe suponer una influencia para el observador. Asimismo, si se realiza la observación en un grupo, cada observador debe situarse a suficiente distancia del otro para consignar sus observaciones independientemente de los demás.

En la imagen lunar de la figura 33 se identifican estos cráteres mediante una numeración que se corresponde a esta lista:

1: Grimaldi - 2: Aristarco (muy brillante) - 3: Kepler - 4: Copérnico (grande) - 5: Pytheas (pequeño, brillante) - 6: Thimocharis - 7: Tycho

(brillante) - 8: Platón (grande, oscuro) - 9:Aristóteles - 10: Eudoxo - 11: Manilio - 12: Menelao (brillante) - 13: Plinio - 14: Taruntio (brillante) - 15: Proclo (brillante).



FIGURA/**33**

Envío y análisis de las observaciones

Los partes o informes de las observaciones realizadas pueden enviarse a la atención del Sr. Miquel Serra Ricart a las siguientes direcciones:

1. **E-mail:**
   mserra@ot.iac.es

2. **Correo ordinario:**
   Instituto de Astrofísica de Canarias, 38200 La Laguna, Tenerife.

FIGURA/33
Situación de los cráteres propuestos para realizar el cronometraje del paso de la umbra terrestre durante el eclipse lunar del 8-9 de noviembre de 2003. El Sur está arriba. (Foto J. C. Casado - Shelios).

ACTIVIDAD: ECLIPSE TOTAL DE LUNA

Todos los datos recibidos serán analizados estadísticamente y los resultados incluidos en el portal web del Instituto de Astrofísica de Canarias.

Software y recursos en Internet

Software

Estos programas para ordenador pueden descargarse de Internet desde las direcciones que se indican y son de uso libre (freeware):

- **Virtual Moon Atlas** (http:/www.geocities.com/jpvcedasa/VMA/ES_index.html). Para sistema operativo Windows 95 y superiores, en español. Excelente atlas digital lunar para observación y estudio de nuestro satélite. Posee funciones interesantes como zoom, diversos tipos de mapas, fases, base de datos de formaciones lunares, libraciones, etc. También está disponible un tutorial para su aprendizaje.

- **Wineclipse** (http://home.ccc.atheinzscs/eclipse.zip). Para sistema operativo Windows, en inglés. Calcula eclipses solares y lunares, proporcionando datos numéricos de cada uno de ellos. Realiza un trazado sobre un mapa de la Tierra que muestra las zonas de visibilidad del fenómeno.

- **Programas de eclipses**. (http:/www.britastro.org/lunar/exes/eclipses.exe). Para sistema operativo MS-DOS, en inglés. Paquete de tres programas. SOLECL es un programa gráfico para eclipses solares que muestra diversos datos y el aspecto del Sol para una hora determinada. LUNECL muestra eclipses penumbrales, parciales y totales de Luna. Representa gráficamente la penumbra y umbra terrestres en relación al disco lunar a la hora escogida. Asimismo representa la posición de hasta 26 detalles lunares. MOONECL realiza una predicción de los tiempos de paso de la umbra terrestre por diversos detalles superficiales lunares (se pueden emplear hasta 100) en eclipses de Luna. Genera una lista con los nombres de los detalles y los horarios en forma de archivo de texto tabulado.

Recursos en Internet

- **Hora de precisión** (http://www.time.gov/timezone.cgi?UTC/s/0/java). Aparte de las señales horarias que se transmiten mediante diversas emisoras de radio se puede recurrir a esta dirección de Internet que da la hora directamente en Tiempo Universal (T.U.) con una precisión de 0,6 segundos.

- **Observatorio Lunar Theodore, en Australia** (http://netspeed.com.au/minnah/LEOx.html). Uno de los estudios que se realizan es la variación del tamaño de la sombra terrestre, observable durante eclipses de Luna. Mucha información sobre estudios lunares.

- **Consolidated Lunar Atlas** (http:/www.lpi.usra.edu/research/cla/index.shtml). Atlas lunar fotográfico disponible por zonas y para diferentes ángulos de iluminación solar.

APÉNDICE I

INFORME DE OBSERVACIÓN ECLIPSE TOTAL DE LUNA 8-9 NOVIEMBRE 2003

CRONOMETRAJE PASO DE LA UMBRA TERRESTRE POR CRÁTERES LUNARES

Observador ..... Anotador .....

Lugar de observación .....

Datos de Contacto

Dirección .....

Tel. ..... E-mail .....

Grupo o Asociación Astronómica .....

Dirección .....

Tel. ..... E-mail .....

Telescopio

Tipo ..... Abertura ..... Aumentos .....

Filtros .....

Porcentaje de cielo cubierto (%) .....

Notas generales .....

Cráter	Inmersión (I) Emersión (E)	Contacto (P, M, S)	Hora T.U. (hh:mm:ss)	Notas

APÉNDICE II

EXPLICACIONES PARA CUMPLIMENTAR EL INFORME DE OBSERVACIONES ECLIPSE TOTAL DE LUNA 8-9 NOVIEMBRE 2003

CRONOMETRAJE DE PASO DE LA UMBRA TERRESTRE POR CRÁTERES LUNARES

Observador: Nombre completo del observador

Anotador: Nombre completo del anotador (si lo hubiera).

Datos de contacto: Consignarlos si no se pertenece a un grupo de observación o asociación astronómica.

Grupo o asociación astronómica: Nombre del Grupo o asociación astronómica a la que se pertenece, con sus datos de contacto.

Telescopio: Tipo: Clase de telescopio: refractor, reflector, catadióptrico.

Abertura: diámetro del objetivo en milímetros.

Aumentos: Aumentos con que se realiza la observación.

Filtros: Tipo de filtro, si se utilizara.

Porcentaje de cielo cubierto: Calidad del cielo visible a simple vista, porcentaje del cielo cubierto por nubes (cielo despejado 0%).

Notas generales: cualquier reseña de interés relativa a la observación en general, si la hubiera.

Cráter: Nombre del cráter.

Inmersión (I), **Emersión** (E): indicar si se trata de la inmersión, escribiendo una «I», o de la emersión, con una «E».

Contacto: Indicar si se trata del contacto para borde primero o precedente (P), en el sentido de avance o retirada de la umbra, contacto para un cráter pequeño (M) o borde final o siguiente (S).

Hora T.U.: Hora en Tiempo Universal con la precisión de 0,1 minutos (6 segundos): la Hora Universal se obtiene, para la fecha del eclipse, en la península Ibérica restando 1 hora del Tiempo Civil. En Canarias ambas coinciden.

Notas: Cualquier reseña de interés relativa a cada contacto, si la hubiera.

APÉNDICE II

EJEMPLO DE CUMPLIMENTACIÓN DEL INFORME DE OBSERVACIÓN

En este ejemplo únicamente se reseña lo referente a los contactos de los cráteres observados.

Supongamos que se han observado los cráteres Platón y Menelao. Para Platón se han cronometrado los contactos de sus dos bordes en la inmersión y en la emersión. En Menelao solo se ha cronometrado un contacto en la inmersión y otro en la emersión, al ser de pequeñas dimensiones y no poder distinguirse sus bordes.

Cráter	Inmersión (I) Emersión (E)	Contacto (P, M, S)	Hora T.U. (hh:mm:ss)	Notas
Platón	I	P	23:50:03	
Platón	I	S	23:50:14	
Menelao	I	M	00:10:21	
Platón	E	P	02:33:08	
Platón	E	S	02:33:18	
Menelao	E	M	02:40:32	

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA

FECYT
FUNDACIÓN ESPAÑOLA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS

www.fecyt.es